П. А. Кайрыга

ЛАБАРАТОРНЫ ПРАКТЫКУМ
па метэаралогіі і кліматалогіі



МІНСК
"УРАДЖАЙ"
1997

П. А. КАЎРЫГА

ЛАБАРАТОРНЫ ПРАКТЫКУМ
ПА МЕТЭАРАЛОГІІ І КЛІМАТАЛОГІІ

Дапушчана Міністэрствам адукацыі і навукі Рэспублікі Беларусь у якасці вучэбнага дапаможніка для студэнтаў геаграфічных спецыяльнасцей вышэйшых навучальных устаноў



Мінск "Ураджай" 1997

УДК 551.5(076.5)
ББК 26.23я73
К30

Р э ц э н з е н т ы : *А.М. Вітчанка, І.І. Богдзель,* кандыдаты геаграфічных навук

Каўрыга П.А.

К30 Лабараторны практыкум па метэаралогіі і кліматалогіі: Вучэб. дапам. Мн.: Ураджай , 1997. – 151 с.: іл.
ISBN 985-04-0231-8.

Апісваецца будова і работа метэаралагічных і актынаметрычных прыбораў, методыка арганізацыі назіранняў на метэаралагічнай і геаграфічнай пляцоўках. Улічаны патрабаванні, якія прад'яўляюцца новымі гідраметэаралагічнымі настаўленнямі і кліматычнымі даведнікамі.

По кожнай тэме распрацавана сістэма задач і кантрольных пытанняў, якія дапамагаюць засваенню тэарытычнага матэрыялу і набыццю звычкі самастойнай работы ў навучэнцаў.

Для навучэнцаў універсітэтаў , педагагічных і сельскагаспадарчых навучальных установаў.

ББК 26.23я73

ISBN 985-04-0231-8

ПРАДМОВА

Метэаралогія — навука аб зямной атмасферы і фізічных працэсах, што развіваюцца ў ёй. Яна вывучае склад, шчыльнасць, тэмпературу і вільготнасць паветра, прамянёвую энергію, рух і трансфармацыю паветраных мас, хмары, ападкі, ураганы, прымаразкі, засухі і другія з'явы, якія адбываюцца ў паветранай абалонцы Зямлі ва ўзаемадзеянні з падсцільнай паверхняй. Сукупнасць гэтых з'яў за кароткі прамежак часу характарызуецца метэаралагічнымі велічынямі і называецца пагодай.

Кліматалогія — навука аб клімаце. Пад кліматам разумеецца сярэднешматгадовы стан кліматычнай сістэмы (атмасфера — акіян — суша) за перыяд часу ў некалькі дзесяцігоддзяў, характэрны для пэўнай мясцовасці і залежны ад геаграфічных фактараў.

Асноўным метадам даследавання, што ўжываецца ў метэаралогіі і кліматалогіі, з'яўляюцца назіранні, так званыя вымярэнні і якасная ацэнка атмасферных працэсаў. Гэтыя працэсы адрозніваюцца зменлівасцю ў часе і прасторы, маюць складаны характар узаемадзеяння з зямной паверхняй і касмічным асяроддзем. У кожны момант часу яны разгортваюцца над усёй тэрыторыяй зямнога шара, што патрабуе адпаведнай арганізацыі назіранняў за станам атмасферы. Ва ўсіх краінах свету арганізавана працуе сетка гідраметэаралагічных назіранняў, якая дазваляе бесперапынна сачыць за станам атмасферы на ўсім зямным шары ў паверхні зямлі і на розных вышынях. Гэта сетка складаецца з вялікай колькасці гідраметэаралагічных станцый, якія праводзяць рэгулярныя назіранні па адзінай глабальнай праграме пры дапамозе аднатыпных прыбораў.

Сучасная гідраметэаралагічная служба выкарыстоўвае разнастайныя прыборы , якія прызначаны для вымярэння і рэгістрацыі фізічных характарыстык зямной атмасферы і падсцільнай паверхні.

Лабараторны практыкум, які суправаджае вывучэнне метэаралогіі і кліматалогіі на геаграфічных факультэтах універсітэтаў, мае на мэце пазнаёміць студэнтаў з арганізацыяй гідраметэаралагічных назіранняў, будовай і работай метэаралагічных і актынаметрычных прыбораў і прылад, метадамі назірання і першаснай апрацоўкі іх вынікаў.

Раздзел I

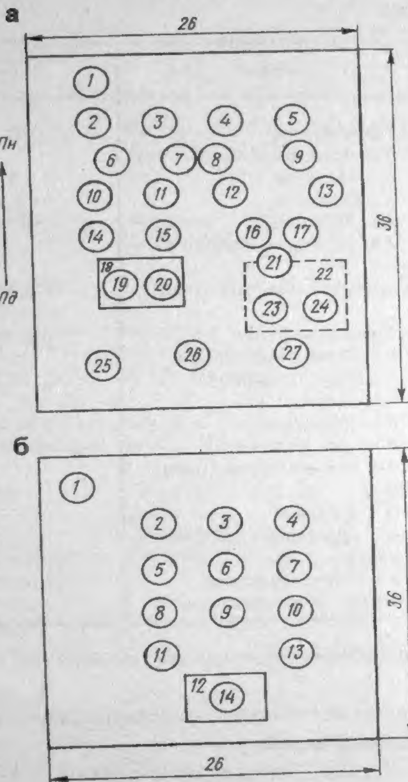
АРГАНІЗАЦЫЯ МЕТЭАРАЛАГІЧНЫХ НАЗІРАННЯЎ

Метэаралагічныя назіранні ўсіх краін аб'ядноўваюцца і ствараюць Сусветную службу пагоды (ССП), якая падпарадкоўваецца Сусветнай метэаралагічнай арганізацыі (СМА).

ССП — глабальная сістэма назіранняў, яна складаецца з: 1) метэаралагічных, гідралагічных, аэралагічных і буйковых станцый, станцый ракетнага зандзіравання атмасферы, караблёў надвор'я, метэаралагічных спадарожнікаў; 2) метэаралагічных цэнтраў па апрацоўцы даных назіранняў і захаванню матэрыялаў — працуюць тры сусветныя (гг. Масква, Вашынгтон і Мельбурн) і 25 рэгіянальных метэаралагічных цэнтраў; 3) глабальнай сістэмы тэлесувязі для хуткага абмену данымі назіранняў і апрацаванай інфармацыяй — яна ўключае кабельныя, радыё- і спадарожнікавыя ланцугі; 4) праграмы навуковых даследаванняў, неабходных для паляпшэння прагнозаў пагоды і вывучэння магчымасцей непасрэднага ўздзеяння на пагоду і клімат. Асаблівая ўвага ўдзяляецца выкарыстанню метэаралагічных спадарожнікаў і колькасных метадаў прагнозу.

Метэаралагічныя станцыі складаюцца з метэаралагічнай пляцоўкі, дзе расстаўляюцца прыборы для метэаралагічных назіранняў (мал.1), і будынка, дзе ўстанаўліваюцца барометры, барографы і аўтаматычныя прыборы-рэгістратары, захоўваецца запаснае абсталяванне і вядзецца апрацоўка назіранняў. Метэаралагічныя станцыі абсталёўваюцца стандартнай апаратурай, з дапамогай якой праводзяць назіранні ў вызначаныя тэрміны ў пэўнай паслядоўнасці.

Метэаралагічныя станцыі, а іх у свеце каля 11 тыс., дзеляцца на тры разрады (табл.1). Станцыі I разраду маюць найбольш поўную праграму назіранняў. Акрамя выканання і апрацоўкі назіранняў гэтыя станцыі здзяйсняюць тэхнічнае кіраўніцтва замацаванымі за імі метэастанцыямі II і III разрадаў і метэапастамі. Станцыі I разраду абслугоўваюць зацікаўленыя ўстановы і прадпрыемствы звесткамі аб метэаралагічных умовах і матэрыяламі па клімату. Метэастанцыі II разраду акрамя кругласутачнага правядзення і апрацоўкі назіранняў перадаюць даныя па ланцугах сувязі. Метэастанцыі III



Мал.1. План размяшчэння абсталявання і прыбораў на метэаралагічнай пляцоўцы:

а – поўная праграма назіранняў; 1- геадэзічны рэпер станцыі; 2 - флюгер з лёгкай дошкай; 3 - датчык анемарумбамера (анемарумбаграфа); 4 - флюгер з цяжкай дошкай; 5 - галалёдны станок; 6 - будка псіхраметрычная; 7 - снегамерная рэйка; 8 - будка псіхраметрычная запасная; 9 - будка для самапісцаў; 10 - прыбор для вымярэння метэаралагічнай далёкасці бачнасці; 11 - ападкамер; 12 - плювіёграф; 13 - запасны слуп асадкамеру; 14 - снегамерная рэйка; 15 - геліёграф; 16 - лёдаскоп; 17 - расограф; 18 - аголеная пляцоўка для ўстаноўкі наглебавых (19) і каленчатых тэрмометраў Савінава (20); 21 - снегамерная рэйка; 22 - участак з натуральным раслінным покрывам для ўстаноўкі глебава-глыбінных тэрмометраў (23) і мерзлатамеру (24); 25 - градыентныя вымярэнні тэмпературы і вільготнасці паветра; 26 - устаноўка для вымярэння зменлівасці скорасці ветру з вышынёй; 27 - актынаметрычная ўстаноўка.

б - скарочаная праграма назіранняў: 1 - геадэзічны рэпер станцыі; 2 - флюгер з лёгкай (цяжкай) дошкай; 3 - анемарумбаметр; 4 - галалёдны станок; 5 - будка псіхраметрычная; 6 - снегамерная рэйка; 7 - будка псіхраметрычная запасная; 8 - ападкамер; 9 - плювіёграф; 10 - запасны слуп для ападкамеру; 11, 13 - снегамерныя рэйкі; 12 - аголены ўчастак для наглебавых тэрмометраў; 14 - наглебавыя тэрмометры.

Т а б л і ц а 1. **Класіфікацыя гідраметэаралагічных станцый** [1]

Від станцыі	Разрад	Скарочанае абазначэнне
1. Метэаралагічныя		
1.1. Метэаралагічныя	I, II, III	М
1.2. Аўтаматычныя радыёметэаралагічныя	–	АРМС
1.3. Аўтаматычныя гідраметэаралагічныя наземныя неабслугоўваемыя	–	АГМС-НН
2. Аэралагічныя	–	АЭ

Від станцыі	Разрад	Скарочанае абазначэнне
3. Гідралагічныя	I, II	Г
4. Марскія гідраметэаралагічныя		
4.1. Берагавыя	I, II	МГ
4.2. Суднавыя	I, II	СГ
4.3. Буйковыя	–	БГ
4.4. На марскіх збудаваннях	–	МС
5. Авіяцыйныя метэаралагічныя	I, II, III	АМСГ
6. Спецыялізаваныя		
6.1. Аграметэаралагічныя	-	А
6.2. Воднабалансавыя	-	Вб
6.3. Балотныя	-	Б
6.4. Селясцёкавыя	-	Сс
6.5. Снегалавінныя	-	Сл
6.6. Азёрныя гідраметэаралагічныя	-	Сс А
6.7. Вусцевыя	-	В
6.8. Дрэйфуючыя («Паўночны полюс»)	-	ПП
6.9. Станцыі ракетнага зандзіравання атмасферы	-	СРЗА

[1] Специальная учебная практика по метеорологии и климатологии. М. 1984.

разраду выконваюць назіранні па скарочанай праграме і па меншай колькасці тэрмінаў.

У табл.2 прыведзены пералік элементаў і велічынь, якія вымяраюцца на метэаралагічных станцыях.

Т а б л і ц а 2. **Метэаралагічныя элементы і вымяральныя велічыні**

Метэаралагічны элемент	Вымяральная велічыня	Адзінкі вымярэння	
		Найменне	Абазначэнне
Тэмпература :	Тэмпература (бягучая, экстрэмальная)	Градус Цэльсія, Кельвіна	°С, К
паветра	Градыентныя тэмпературы	Градус на метр, Кельвін на метр	°С/м, К/м
вады	Таксама	Таксама	°С/м, К/м
глебы	«	«	«

Метэаралагічны элемент	Вымяральная велічыня	Адзінкі вымярэння	
		Найменне	Абазначэнне
Ціск атмасферы	Ціск	Паскаль, мілібар, міліметр ртутнага слупа	Па, мб,мм рт.сл.
Барычная тэндэнцыя	Змяненні ціску за 3 гадз	Мілібар на 3 гадз	Мб/3гадз
Вільготнасць паветра	Парцыяльны ціск вадзяной пары	Мілібар	Мб
	Адносная вільготнасць	Працэнт	%
	Кропка расы	Градус Цэльсія	°C
Вецер	Скорасць (імгненная, сярэдняя, максімальная)	Метр у секунду, бал	м/с, бал
	Напрамак	Градус дугі румбы	° Пн, Ус, Пд, Зх
Ападкі	Колькасць (таўшчыня слоя вады на гарызантальную паверхню)	Міліметр	мм
	Від (цвёрдыя, вадкія)		Абазначэнні па коду
	Інтэнсіўнасць	Міліметр у мінуту	мм/мін
	Працягласць (пачатак, канец)	Гадзіны, мінуты	гадз, мін
Снегавое покрыва	Шчыльнасць	Грам на кубічны сантыметр	г/см^3
	Запас вады (таўшчыня слоя вады)	Міліметр	мм
	Вышыня	Сантыметр	см
Галалёд	Шчыльнасць	Грам на кубічны сантыметр	г/см^3
	Колькасць лёду, які асаджваецца на пагонны метр дроту	Грам на метр	г/м
Раса	Колькасць (таўшчыня слоя вады на гарызантальнай паверхні)	Міліметр	мм

Працяг табл. 2

Метэаралагічны элемент	Вымяральная велічыня	Адзінкі вымярэння	
		Найменне	Абазначэнне
	Час выпадзення і выпарэння	Гадзіны, мінуты	гадз, мін
Выпарэнне з глебы, з воднай паверхні	Колькасць (таўшчыня слоя вады, якая выпарылася)	Міліметр	мм
Воблачнасць	Колькасць	У балах (па 10-бальнай сістэме)	бал
	Вышыня ніжняй і верхняй межаў	Метры	м
	Форма	Па атласу воблакаў	
Бачнасць	Празрыстасць атмасферы	Працэнт	%
	Метэаралагічная далёкасць бачнасці	Метр, кіламетр	м, км
Туман	Інтэнсіўнасць		Па настаўленню
	Працягласць	Гадзіны, мінуты	гадз, мін
Навальніца	Інтэнсіўнасць	Колькаць разрадаў	
	Працягласць	Гадзіны, мінуты	гадз, мін
Сонечная радыяцыя: прамая	Працягласць сонечнага ззяння	Гадзіны, мінуты	гадз, мін
рассеяная, сумарная	Энергетычная асветленасць	Ват на кв.м, калорыя ў мінуту на квадратны сантыметр	Вт/м^2, кал/мін·см^2
адбітая, астаткавая (баланс)	Доза апраменьвання	Джоўль на кв.см, калорыя на кв.см	Дж/см^2, кал/мін·см^2
Доўгахвалевая радыяцыя	Доза апраменьвання (за гадзіну, суткі, дэкаду, месяц, год)	Джоўль на кв.см, калорыя на кв.см	Дж/ см^2, кал/ см^2
	Энергетычная асветленасць	Ват на кв.м, калорыя ў мінуту на квадратны сантыметр	Вт/ м^2, кал/мін·см^2

На ўсіх станцыях праводзяцца назіранні за асноўнымі метэаралагічнымі элементамі (тэмпературай і вільготнасцю паветра і глебы, атмасферным ціскам, ветрам, воблачнасцю, ападкамі, атмасфернымі з'явамі). У дадатак да іх на некаторых станцыях вядуцца аэралагічныя, актынаметрычныя і градыентныя (цепла-балансавыя) назіранні. Аэралагічныя назіранні ахопліваюць вымярэнні атмасфернага ціску, тэмпературы і вільготнасці паветра, напрамку і скорасці ветру ў свабоднай атмасферы; актынаметрычныя — элементы радыяцыйнага балансу зямной паверхні. Пры градыентных назіраннях вымяраецца хуткасць ветру, тэмпература і вільготнасць паветра на ўзроўнях 0,5 — 2 м над паверхняй зямлі, а таксама тэмпература глебы на яе паверхні і глыбінях 5, 10, 15, 20 см. Па даных актынаметрычных і градыентных назіранняў разлічваюць элементы цеплавога балансу сістэмы глеба —атмасфера.

Аэралагічныя станцыі выконваюць радыёзандзіраванне атмасферы з выкарыстаннем радыёлакатараў. У сучасны момант радыёзандзіраванне атмасферы адбываецца на 800 наземных аэралагічных станцыях і 40 суднах пагоды, што дазваляе атрымліваць інфармацыю аб тэмпературы, ціску, вільготнасці паветра і ветру да вышыні 25–30 км.

Станцыі ракетнага зандзіравання атмасферы праводзяць рэгулярныя вымярэнні фізічнага стану стратасферы і мезасферы з дапамогай метэаралагічных ракет. Ракетнае зандзіраванне атмасферы выконваецца таксама на наземных і суднавых станцыях.

У цяжкадаступных мясцінах працуюць аўтаматычныя радыёметэаралагічныя станцыі, якія рэгіструюць у пэўныя тэрміны змяненні метэаэлементаў і перадаюць іх па радыё аўтаматычна без удзелу назіральніка.

Спецыялізаваныя станцыі служаць для вывучэння асобных працэсаў і з'яў і іх узаемасувязі ў розных геаграфічных умовах, а таксама для спецыялізаванага абслугоўвання асобных галін народнай гаспадаркі. Напрыклад, аграметэаралагічныя станцыі праводзяць назіранні за вільготнасцю глебы, развіццём і станам сельскагаспадарчых раслін. Дрэйфуючыя станцыі збіраюць звесткі аб метэаралагічным рэжыме Арктыкі. Селясцёкавыя станцыі вядуць гідраметэаралагічныя назіранні і вывучаюць фарміраванне селяў у горных раёнах.

Метэаралагічная станцыя размяшчаецца такім чынам, каб яе назіранні былі характэрнымі (рэпрэзентатыўнымі) для дадзенага ра-

ёна. Пляцоўка станцыі павінна размяшчацца на адкрытай і роўнай мясцовасці. Паблізу ад яе не павінна быць прадметаў, якія могуць паўплываць на паказанні прыбораў. У раўнінных умовах для атрымання дастаткова поўнай характарыстыкі тэмпературнага рэжыму патрэбна мець сетку станцый з адлегласцю 50 км паміж імі, а ў горнай мясцовасці — 30–40 км. Атмасферныя ападкі адрозніваюцца больш значнай зменлівасцю ў прасторы і ў часе, таму адлегласць паміж дажджамернымі пастамі павінна быць на раўнінах 20–30 км, а ў горных раёнах 15–20 км.

Касмічная сістэма гідраметэаралагічных назіранняў складаецца з арбітальных і геастацыянарных спадарожнікаў, якія дазваляюць атрымліваць даныя аб стане атмасферы з 70–80% паверхні Зямлі. Вышыня палёту арбітальнага спадарожніка 900 км, а геастацыянарнага 20 000 км. Касмічная інфармацыя перадаецца на наземныя прыёмныя пункты. Спадарожнікавая апаратура працуе ў бачнай частцы спектра (0,5–0,7 мкм) і інфрачырвонай (8–12 мкм).

Такім чынам, у сучасны момант у сусвеце створана адзіная сістэма збору, апрацоўкі, захавання і выкарыстання гідраметэаралагічнай інфармацыі. Акрамя таго, гэта сістэма з'яўляецца асновай спецыяльнай сусветнай інфармацыйнай сістэмы ''маніторынг'', якая ўяўляе больш шырокі комплекс назіранняў, аналізу (ацэнкі) і прагнозу стану прыроднага асяроддзя з мэтай выяўлення ступені антрапагеннага ўздзеяння на біясферу і клімат.

СЕТКА МЕТЭАРАЛАГІЧНЫХ НАЗІРАННЯЎ У РЭСПУБЛІЦЫ БЕЛАРУСЬ

Метэаралагічная сетка на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь пачала стварацца яшчэ ў пачатку мінулага стагоддзя. Першыя метэаралагічныя назіранні пачаліся на станцыях у Магілёве (1809), Віцебску (1810), а трохі пазней у Брэсце (1834), Бабруйску (1836), Горках (1841), Свіслачы (1846), Мінску (1849). Найбольш поўныя матэрыялы маюцца па ст. Горкі, якая была арганізавана пры Горы-Горацкім земляробчым інстытуце. Тут бесперапынныя назіранні вядуцца ўжо больш за 100 гадоў.

Да цяперашняга часу на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь створана даволі шчыльная і разгалінаваная сетка метэаралагічных

назіранняў (мал.2, табл.3), якая ўваходзіць у ССП і падпарадкоўваецца Сусветнай метэаралагічнай арганізацыі. Адміністрацыйнае і гаспадарчае кіраўніцтва гідраметэаралагічнымі назіраннямі здзяйсняе Галоўнае Упраўленне па гідраметэаралогіі пры Савеце Міністраў Рэспублікі Беларусь. Асноўнымі задачамі Галоўгідрамета з'яўляюцца :

1. Арганізацыя гідраметэаралагічных назіранняў за станам атмасферы, вады, сельскагаспадарчых культур, складам і ўзроўнем забруджвання атмасфернага паветра, глебы і водаў, за радыяцыйнымі абставінамі.

2. Збор, аналіз, апрацоўка і распаўсюджванне вынікаў гэтых назіранняў.

3. Складанне і забеспячэнне народнагаспадарчых прадпрыемстваў і ўстаноў разнастайнымі прагнозамі пагоды, гідраметэаралагічных умоў на рэках, азёрах, вадасховішчах, стану сельскагаспадарчых культур, узроўню забруджвання атмасферы, глебы і водаў, радыяцыйных умоў.

4. Складанне і выданне навукова-прыкладных даведнікаў аб кліматычных, агракліматычных і водных рэсурсах, гідраметэаралагічным рэжыме, узроўні забруджвання навакольнага асяроддзя.

5. Вядзенне фонду даных: збор, улік, захаванне і выдача матэрыялаў гідраметэаралагічных назіранняў зацікаўленым установам і асобам.

МІЖНАРОДНАЕ СУПРАЦОЎНІЦТВА Ў ГАЛІНЕ МЕТЭАРАЛОГІІ

Атмасферныя працэсы і з'явы маюць глабальны характар. Каб іх добра ведаць і прадказваць, патрэбны звесткі аб стане атмасферы і зямной паверхні з усёй планеты.

Пачатак міжнароднага супрацоўніцтва ў галіне метэаралогіі быў пакладзены на Першым міжнародным метэаралагічным кангрэсе, што адбыўся ў Вене ў верасні 1873 г. На гэтым кангрэсе была створана Сусветная метэаралагічная арганізацыя (СМА). СМА — спецыялізаваная ўстанова Арганізацыі Аб'яднаных Нацый. Яна ажыццяўляе абмен метэаралагічнымі данымі паміж службамі ўсіх краін, сочыць за выкананнем адзінай методыкі назіранняў, клапоціцца аб распаўсюджванні вынікаў навукова-метадычных дас-



Мал.2. Карта метэаралагічных станцый Рэспублікі Беларусь (тып станцыі, гл. табл. 3)

Т а б л і ц а 3. **Тыпы метэаралагічных станцый Рэспублікі Беларусь (паводле даных Белгідрамета)**

№ станцыі на карце	Станцыя	Вышыня над узроўнем мора, м	Тып станцыі	Скарочанае абазначэнне	Разрад
43	Акцябр	141	Метэаралагічная	МС	II
91	Ашмяны	211	Таксама	Таксама	Таксама
33	Баранавічы	192	"	"	"
17	Беразіно	170	"	"	"
32	Бабруйск	156	Авіяцыйная	АМСГ	IV
13	Барысаў	188	Метэаралагічная	МС	II
51	Брагін	114	Таксама	Таксама	Таксама
40	Брэст	141	Цэнтр гідраметэаралогіі	ЦГМ	I

№ станцыі на карце	Станцыя	Вышыня над узроўнем мора, м	Тып станцыі	Скарочанае абазначэнне	Разрад
45	Васілевічы	139	Аграметэаралагічная	АС	I
2	Верхнедзвінск	132	Метэаралагічная	МС	II
12	Вілейка	182	Гідралагічная	ГС	II
5	Віцебск	166	Цэнтр гідраметэаралогіі	ЦГМ	I
26	Ваўкавыск	180	Аграметэаралагічная	АС	II
15	Валожын	229	Метэаралагічная	МС	II
37	Высокае	163	Таксама	Таксама	Таксама
34	Ганцавічы	157	Таксама	Таксама	Таксама
44	Гомель	125	Цэнтр гідраметэаралогіі	ЦГМ	I
27	Горкі	200	Метэаралагічная	МС	II
23	Гродна	117	Авіяцыйная	АМСГ	II
7	Докшыцы	193	Метэаралагічная	МС	II
38	Драгічын	148	Таксама	Таксама	Таксама
1	Езярышча	172	«	«	«
46	Жыткавічы	135	«	«	«
42	Жлобін	140	«	«	«
35	Івацэвічы	153	«	«	«
29	Клічаў	154	«	«	«
31	Касцюковічы	168	«	«	«
50	Лельчыцы	141	«	«	«
8	Лепель	173	«	«	«
22	Ліда	154	«	«	«
6	Лынтупы	208	«	«	«
39	Любань	157	«	«	«
18	Мар'іна Горка	175	«	«	«
16	Мінск	207	Гідраметэацэнтр	ГМЦ	
28	Магілёў	192	Авіяцыйная	АМСГ	II
49	Мазыр	162	Таксама	Таксама	IV
25	Навагрудак	283	Аграметэаралагічная	АС	II
10	Орша	186	Метэаралагічная	МС	II
48	Прыпяцкая	146	Гідралагічная	ГС	II
47	Палеская	141	Балотная	БС	I
3	Полацк	132	Гідралагічная	ГС	II

№ станцыі на карце	Станцыя	Вышыня над узроўнем мора, м	Тып станцыі	Скарочанае абазначэнне	Разрад
36	Пружаны	159	Метэаралагічная	МС	II
14	Радашковічы	198	Таксама	Таксама	Таксама
9	Сянно	173	«	«	«
30	Слаўгарад	171	«	«	«
20	Слуцк	159	«	«	«
19	Стоўбцы	172	«	«	«
11	Талочын	208	«	«	III
41	Чачэрск	153	«	«	II
4	Шаркаўшчына	130	Аграметэаралагічная	АС	Таксама
21	Шчучын	177	Метэаралагічная	МС	III

ледаванняў па ўсім свеце. Кожная краіна ў пэўныя тэрміны перадае даныя метэаралагічных назіранняў па тэлеграфных і тэлефонных лініях у сусветныя метэаралагічныя цэнтры. Метэаралагічныя назіранні з усяго паўночнага паўшар'я могуць быць сабраны службай любой краіны за 3–4 гадз, а з усяго зямнога шара — за 7–10 гадз.

З мэтай збору больш поўных даных аб стане гідрасферы і атмасферы і іх узаемадзеянні сусветным супольніцтвам праводзіліся так званыя Міжнародныя гады. Першы і Другі міжнародныя палярныя гады (МПГ) былі праведзены ў 1882–1883 і 1932–1933 гг. У перыяд з 1 ліпеня 1957 г. па 31 снежня 1958 г. была ажыццёўлена праграма Міжнароднага геафізічнага года, якая ахапіла комплекснымі геафізічнымі даследаваннямі тэрыторыю ўсёй планеты ў адрозненне ад Першага і Другога гадоў, калі назіраннямі была ахоплена палярная вобласць паўночнага паўшар'я.

Аднак пры значных дасягненнях у міжнародным развіцці метэаралогіі яшчэ застаецца мноства нявырашаных праблем. Да такіх праблем адносяцца: узаемадзеянне атмасферы і акіяна; агульная цыркуляцыя атмасферы; забруджванне прыроднага асяроддзя; узнікненне і развіццё ўраганаў; сонечна-зямныя сувязі; фізічныя працэсы ўтварэння хмарнасці і ападкаў; структура цеплавога і радыяцыйнага балансу і яе ўплыў на атмасферныя працэсы; распра-

цоўка методыкі доўгатэрміновага прагнозу надвор'я. Асаблівую актуальнасць набыла праблема змяненняў клімату як пад уплывам прыродных фактараў, так і ў выніку чалавечай дзейнасці.

Для вырашэння гэтых праблем СМА распрацавана і ажыццяўляецца грандыёзная Праграма даследаванняў глабальных атмасферных працэсаў (ПДГАП), якая ўключае шэраг буйных падпраграм. Гэта трапічны эксперымент (ТРАПЭКС), Палярны эксперымент (ПАЛЭКС), Комплексны энергетычны эксперымент (КЭНЭКС), Мусонны эксперымент (МЭКС), Эксперымент энергаактыўных зон акіяна ''Разрэзы'', Глабальны эксперымент (ГЛАБЭКС) і інш.

Усе міжнародныя эксперыменты выконваюцца на аснове сучасных тэхнічных сродкаў і пераапрацоўкі інфармацыі аб стане атмасферы, гідрасферы, сушы і касмічнага асяроддзя. Напрыклад, у 1974 г. быў праведзены Атлантычны трапічны эксперымент (АТЭП-74), у якім вялі назіранні вялікая колькасць метэаралагічных станцый, 35 суднаў, 12 самалётаў, дзве сістэмы спадарожнікаў на палярных арбітах. Судны былі аснашчаны радыёзондамі і метэаракетамі, сучаснымі вылічальнымі машынамі і раўнамерна размешчаны па ўсёй трапічнай зоне Атлантыкі ад Афрыкі да Амерыкі. Задачай эксперыменту з'яўлялася вывучэнне вертыкальных рухаў паветра і іх ролі ва ўтварэнні воблакаў, паветраны перанос вільгаці і цяпла з тропікаў у высокія шыроты і выкарыстанне атрыманых даных у павышэнні дакладнасці прагнозаў надвор'я.

У 1979г. праведзены Глабальны эксперымент (ГЛАБЭКС-79), у якім прынялі ўдзел усе дзяржавы, што ўваходзяць у СМА. ГЛАБЭКС меў на мэце вывучэнне агульнай цыркуляцыі атмасферы, стварэнне яе фізіка-матэматычнай мадэлі для вырашэння праблемы прагнозаў надвор'я.

Ва ўсіх міжнародных праграмах і даследаваннях вялікае значэнне надаецца вывучэнню ўздзеяння сусветнага акіяна на надвор'е і клімат. Гэта тлумачыцца тым, што акіян і атмасфера безупынна абменьваюцца цяплом, вільгаццю і рухам. Аднак гэты абмен адбываецца на розных акваторыях не з аднолькавай інтэнсіўнасцю. У акіяне існуюць вобласці з вельмі інтэнсіўнай аддачай цяпла ў атмасферу. Гэтыя вобласці атрымалі назву энергаактыўных зон акіяна (ЭАЗА).

Метэаралагічныя працэсы, што развіваюцца ў ЭАЗА, маюць вялікае значэнне для рашэння праблемы доўгатэрміновага прагнозу надвор'я і змяненняў клімату. У сувязі з гэтым СМА распрацавала і ажыццявіла праграму ''Разрэзы'', мэтай якой з'яўляецца выву-

чэнне ў раёнах ЭАЗА метэаралагічных працэсаў, іх залежнасці ад стану водаў акіяна, уплыву гэтых працэсаў на надвор'е і клімат кантынентаў, пабудова фізіка-матэматычных мадэляў узаемадзеяння сістэмы акіян–атмасфера–кантыненты.

Міжнароднае супольніцтва прыняло да выканання Сусветную кліматычную праграму (СКП). Задачамі гэтай праграмы з'яўляюцца: 1) распрацоўка метадаў выкарыстання ведаў аб клімаце ў розных галінах чалавечай дзейнасці; 2) правядзенне даследаванняў уздзеяння клімату на дзейнасць чалавека; 3) вывучэнне змяненняў клімату пад уздзеяннем прыродных і антрапагенных фактараў.

Раздзел 2

ЧАС. ТЭРМІНЫ НАЗІРАННЯЎ

У сістэме Сусветнай службы пагоды прыняты сінхронныя тэрміны назіранняў на ўсім зямным шары. Яны адпавядаюць 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 і 21 гадз паяснога часу Грынвіча. Метэаназіранні могуць выконвацца па любым паясным часе, аднак ён абавязкова павінен адрозніваецца ад Грынвіча на велічыню, роўную 3. Пад тэрмінам назіранняў разумеецца інтэрвал часу працягласцю 10 мін, які заканчваецца дакладна ў прыняты тэрмін. Так , пад тэрмінам 6 гадзін разумеецца інтэрвал часу ад 5 гадз 50 мін да 6 гадз 00 мін.

Актынаметрычныя і цеплабалансавыя назіранні праводзяцца па сярэднім сонечным часе. Актынаметрычныя – у 0 гадз 30 мін, 6 гадз 30 мін, 9 гадз 30 мін, 12 гадз 30 мін і 18 гадз 30 мін, цеплабалансавыя – у 1, 7, 10, 13, 16, 19 гадз.

Асновай для вызначэння часу з'яўляецца бачны рух сонечнага дыска па нябеснай сферы. Сонечны дыск двойчы за суткі перасякае мерыдыян дадзенага месца і адпаведна дасягае **верхняй і ніжняй кульмінацый.** Момант, калі сонца дасягае максімальнай вышыні, або верхняй кульмінацыі, называецца **сапраўдным поўднем.**

Момант ніжняй кульмінацыі прымаецца за пачатак грамадзянскіх сутак. Ад яго ў метэаралогіі адлічваюць **сапраўдны сонечны час** ($\tau_{\odot}$). Прамежак часу паміж момантамі двух паслядоўных аднолькавых кульмінацый Сонца называецца **сапраўднымі сонечнымі суткамі.**

У выніку нераўнамернага руху Зямлі вакол Сонца і змянення нахілу экліптыкі да экватара даўжыня сапраўдных сонечных сутак неаднолькавая на працягу года. Таму ўводзіцца паняцце **сярэдніх сонечных сутак**, даўжыня якіх на працягу года аднолькавая. Яна роўная сярэдняй за год працягласці сапраўдных сонечных сутак. Каб вызначыць сярэднія сонечныя суткі, выкарыстоўваюць паняцце сярэдняга сонца. Гэта кропка прасторы, якая рухаецца з раўнамернай скорасцю. **Сярэднія сонечныя суткі** адпавядаюць інтэрвалу часу паміж дзвюма паслядоўнымі аднолькавымі кульмінацыямі сярэдняга сонца. Такая сістэма лічэння часу называецца **сярэднім**, ці **мясцовым часам** (τ_m).

Пачаткам адліку сярэдняга сонечнага часу і момантам змены дат служыць момант ніжняй кульмінацыі сярэдняга сонца. Рознасць паміж сярэднім і сапраўдным сонечным часам называецца **ўраўненнем часу** ($\Delta\tau$):

$$\Delta\tau = \tau_m - \tau_\odot \quad . \qquad (1)$$

Чатыры разы на працягу года сярэдні сонечны час супадае з сапраўдным часам (у сярэдзіне сакавіка, у сярэдзіне чэрвеня, у пачатку верасня і ў канцы снежня), а ўраўненне часу пераўтвараецца ў нуль. Два разы ў год яно дасягае найбольшых значэнняў: у сярэдзіне лютага (+14,5 мін) і пачатку лістапада +(-16,3 мін).

Калі мець ўраўненне часу (дадатак 1) і сапраўдны час, можна вылічыць сярэдні сонечны час, і наадварот:

$$\tau_m = \tau_\odot + \Delta\tau \, ; \qquad \tau_\odot = \tau_m - \Delta\tau \, .$$

Сярэдні і сапраўдны сонечныя часы аднолькавыя для ўсіх пунктаў, якія размяшчаюцца на адным мерыдыяне, і неаднолькавыя для розных мерыдыянаў. Кожны мерыдыян мае свой мясцовы час Ім карыстацца ў гаспадарчых сувязях вельмі нязручна.

Міжнародным супольніцтвам для спрашчэння часалічэння прынята сістэма **паяснога часу** (τ_n). Увесь зямны шар падзелены па мерыдыянах на 24 гадзінныя паясы, па 15° у кожным (ад 0 да 23) (мал. 3). Лічэнне паясоў вядзецца на ўсход ад нулявога (грынвіцкага) мерыдыяна, які з'яўляецца **сярэднім мерыдыянам** нулявога гадзіннага пояса. Межамі гэтага пояса служаць мерыдыяны 7°30' з.д. і 7°30' ус.д. У межах гэтага гадзіннага

пояса карыстаюцца сярэднім сонечным часам нулявога мерыдыяна, які называецца паясным. Першы пояс абмежаваны мерыдыянамі 7°30' ус.д. і 22°30' ус.д. і мае час, які роўны сярэдняму сонечнаму часу для 15° ус.д.

Межы гадзінных паясоў супадаюць з мерыдыянамі толькі над акіянамі і ў маланаселеных мясцовасцях. Рэальныя межы гадзінных паясоў на заселеных тэрыторыях праводзяцца з улікам дзяржаўнага і адміністрацыйнага дзялення.

Час кожнага пояса адрозніваецца ад часу Грынвіча на колькасць часоў, роўную нумару пояса.

Рэспубліка Беларусь размяшчаецца ў II гадзінным поясе. На яе тэрыторыі з 1 лістапада да 31 сакавіка карыстаюцца зімовым часам, які адпавядае паясному. Штогод 1 красавіка стрэлкі гадзіннікаў у рэспубліцы пераводзяцца на адну гадзіну наперад у адносінах да зімовага часу і ўводзіцца так званы "летні час". У 24^{00} 30 верасня стрэлкі гадзіннікаў пераводзяцца на адну гадзіну назад і рэспубліка пераходзіць на зімовы час. Летні час на 1 гадзіну больш адпаведнага паяснога часу.

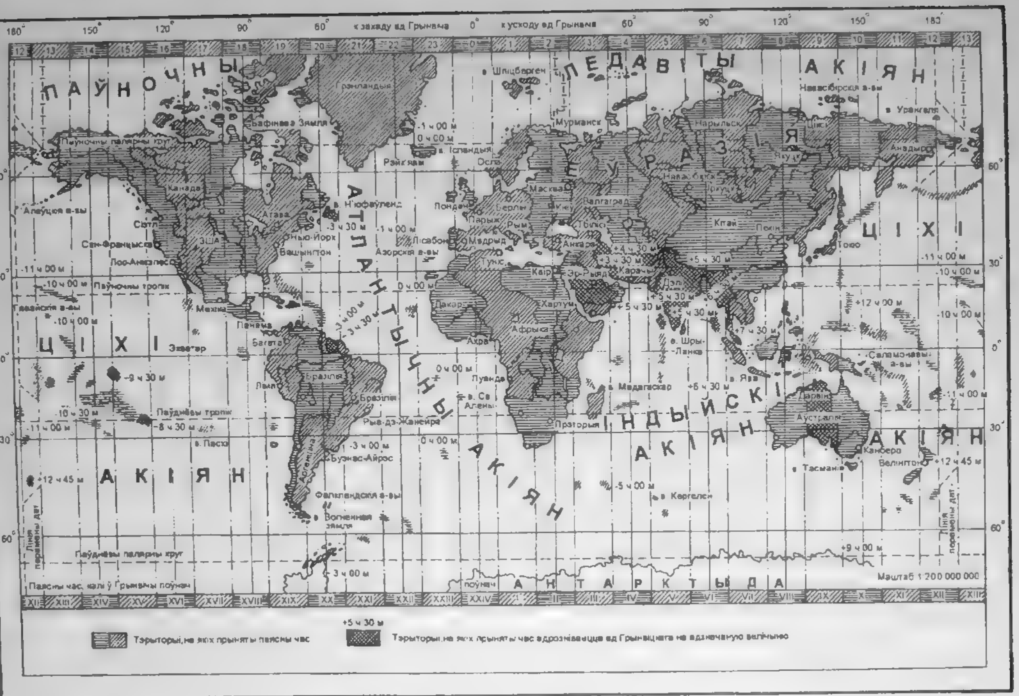
У табл. 4 і 5 прыведзены сінхронныя тэрміны метэаралагічных і актынаметрычных назіранняў у розных сістэмах лічэння часу для метэастанцый, размешчаных на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь. Сігналы дакладнага часу перадаюцца ўсімі радыёстанцыямі сінхронна ў адпаведнасці з патрабаваннямі Сусветнай службы часу. Сігналы адпавядаюць паясному часу радыёстанцый і могуць выкарыстоўвацца для ўдакладнення гадзіннікаў у любым поясе.

Для актынаметрычных назіранняў патрабуецца вызначэнне сапраўднага часу тэрмінаў назірання. Каб вылічыць сапраўдны час, неабходна ведаць паясны час станцыі, яе даўгату (λ), нумар гадзіннага пояса (N), а таксама рознасць (Δt) паміж паясным часам і сезонным (τ_c), які выкарыстоўваецца ў краіне ў гэтую пару года. Паясны час вызначаецца па формуле

$$\tau_n = \tau_c - \Delta t\,. \tag{3}$$

Тады сапраўдны час вылічваецца па наступнай формуле:

$$\tau_\odot = \tau_n + 4(\lambda - 15N) - \Delta\tau. \tag{4}$$



Мал. 3. Карта паяснога часу

Для пераходу ад паяснога да сярэдняга сонечнага (мясцовага) часу, і наадварот, карыстаюцца такімі формуламі:

$$\tau_m = \tau_n + \Delta, \qquad \tau_n = \tau_m - \Delta, \qquad (5)$$

Т а б л і ц а 4. **Сінхронныя тэрміны метэаралагічных назіранняў у Рэспубліцы Беларусь**

Час па Грынвічу	0	3	6	9	12	15	18	21
Зімовы, або паясны, час	2	5	8	11	14	17	20	23
Летні час (паясны час +1 гадз)	3	6	9	12	15	18	21	0

Т а б л і ц а 5. **Сінхронныя тэрміны актынаметрычных назіранняў у Рэспубліцы Беларусь**

Сярэдні сонечны час	0^{30}	6^{30}	9^{30}	12^{30}	18^{30}
Зімовы, або паясны, час	0^{30}	6^{30}	9^{30}	12^{30}	18^{30}
Летні час (паясны час +1 гадз)	1^{30}	7^{30}	10^{30}	13^{30}	19^{30}

дзе Δ — рознасць даўгот (у гадзінах, мінутах і секундах) паміж сярэднім мерыдыянам гадзіннага пояса і мерыдыянам метэастанцыі. Велічыня Δ дадатная, калі станцыя размяшчаецца на ўсход ад сярэдняга мерыдыяна гадзіннага пояса, і адмоўная, калі станцыя знаходзіцца на захад ад гэтага мерыдыяна.

ПЕРАХОД АД АДНОЙ СІСТЭМЫ ЛІЧЭННЯ ЧАСУ ДА ДРУГОЙ

Кожны пункт на зямлі мае ўласны мясцовы сярэдні час, які залежыць ад яго даўгаты. Рознасць мясцовага сярэдняга сонечнага часу двух пунктаў роўная рознасці іх даўгот.

Для разлікаў карыстаюцца наступнымі суадносінамі:

360° (вуглавых)	адпавядае	24 гадз
15° (вуглавых)	-«-	1 гадз
1° (вуглавы)	-«-	4 мін
1' (вуглавая)	-«-	4 с

Прыклад. Усходняя даўгата станцыі 25°40'. Сярэдні сонечны час на станцыі 10 гадз 40 мін. Вызначыць сярэдні сонечны час у гэты момант на станцыі з усходняй даўгатой 47°52'.

Рашэнне. Рознасць даўгот 47°52'-25°40'=22°12'. Рознасць пераводзіцца ў час 22 х 4 мін = 1 гадз 28 мін, 12 х 4с =48 с. Рознасць у часе паміж станцыямі складае 1 гадз 28 мін 48 с. Паколькі другая станцыя размяшчаецца на ўсход адносна першай, то рознасць у часе дабаўляецца да сярэдняга сонечнага часу першай станцыі адпаведна формуле (5): τ_m=10 гадз 40 мін + 1 гадз 28 мін 48 с =12 гадз 8 мін 48 с.

Прыклад. Паясны час у 1-м поясе 10 гадз 20 мін. Вызначыць сярэдні сонечны час у гэты момант на станцыі Бабруйск.

Рашэнне. Сярэдні мерыдыян 1-га пояса 15°. Сярэдні сонечны час на гэтым мерыдыяне (ён жа і паясны) 10 гадз 20 мін. Даўгата станцыі Бабруйск (дадатак 2) λ=29°19'. Рознасць даўгот 29°19'–15° = 14°19'; рознасць у часе 14 х 4 мін =56 мін , 19 х 4 с = 1 мін 16 с, а Δ= 57 мін 16 с. Сярэдні сонечны час станцыі разлічваецца па формуле (5). τ_m=10 гадз 20 мін + 57 мін 16 с = 11 гадз 17 мін 16с.

Прыклад. Сярэдні сонечны час 10 жніўня 12 гадз 30 мін. Знайсці сапраўдны сонечны час у гэты момант.

Рашэнне. З дадатка 1 знаходзім ураўненне часу $\Delta\tau$ = 5 мін. Сапраўдны сонечны час разлічваем па формуле (2).
$\tau_\odot$ = 12 гадз 30 мін - 5 мін = 12 гадз 25 мін.

Прыклад. Сапраўдны сонечны час 20 лістапада 16 гадз 35 мін. Знайсці сярэдні сонечны час у гэты момант.

Рашэнне. З дадатка 1 знаходзім ураўненне часу $\Delta\tau$ = –14 мін. Па формуле (2) сярэдні сонечны час τ_m = 16 гадз 35 мін + (–14 мін) = 16 гадз 21 мін.

Прыклад. На станцыі Пінск летні час 10 жніўня 8 гадз 30 мін. Знайсці сапраўдны час.

Рашэнне. Задача рашаецца па формуле (4). Па формуле (3) вызначаецца паясны час $\tau_п$ = 8 гадз 30 мін – 1 гадз = 7 гадз 30 мін. Даўгата станцыі Пінск (дадатак 2) λ = 26°11'. Нумар гадзіннага пояса роўны 2. Ураўненне часу (дадатак 1) $\Delta\tau$ = 5 мін. Сапраўдны час $\tau_\odot$ = 7 гадз 30 мін + 4 (26°11' – 15·2) – 5 = 7 гадз 9 мін 44 с.

Задачы

1. Карыстаючыся дадаткам 1, вызначыць ураўненне часу 10 студзеня, 15 лютага, 20 сакавіка, 25 красавіка, 25 мая , 20 верасня, 25 кастрычніка, 25 снежня. У якія месяцы і дні працягласць сапраўдных і сярэдніх сутак аднолькавая ?

2. Карыстаючыся дадаткам 1, вызначыць час устанаўлення паўдзённай лініі 5 студзеня, 10 сакавіка, 15 красавіка, 10 мая, 15 чэрвеня, 20 ліпеня, 20 жніўня, 20 верасня па сярэднім сонечным і летнім часе на станцыі Барысаў.

3. Вызначыць сярэдні сонечны час, калі летні час на станцыі Браслаў 14 гадз 30 мін, 0 гадз 20 мін.

4. На колькі адрозніваецца сярэдні сонечны час паміж станцыямі Брэст і Касцюковічы ?

5. Сярэдні сонечны час на станцыі Брод роўны 15 гадз. Чаму роўны летні і сярэдні сонечны час ў гэты момант на станцыі Гомель, Гродна і Лепель ?

6. Сапраўдны сонечны час 15 студзеня, 15 сакавіка, 15 жніўня, 15 снежня 15 гадз 30 мін. Вызначыць сярэдні сонечны час для гэтых дат у зазначаны момант.

7. Вычарціць у сшытку ў адвольным маштабе карту гадзінных паясоў і пранумараваць іх. Вызначыць у градусах і мінутах іх тэарэтычныя межы і даўгату сярэдняга мерыдыяна. Як праведзены межы паясоў на геаграфічнай карце ?

8. На станцыі Мінск паясны час 16 гадз 36 мін. Вызначыць паясны і сярэдні сонечны час на станцыі Парыж.

9. Па Грынвічу паясны час 4 гадз 20 мін. Вызначыць паясны і сярэдні сонечны час у гэты момант на станцыях Віцебск і Чэрск.

10. Па Грынвічу паясны час 8 гадз. Вызначыць паясны час у гэты момант на станцыях Берлін (1-ы пояс), Масква (2-і пояс), Уладзівасток (9-ы пояс).

11. На станцыі Полацк зімовы час 20 лютага 18 гадз 24 мін. Знайсці сапраўдны час.

Кантрольныя пытанні

1. Якія тэрміны назіранняў прыняты ў Сусветнай службе пагоды ?

2. Што пакладзена ў аснову вызначэння часу ?

3. Што называецца сапраўдным, сярэднім сонечным часам і ураўненнем часу ?

4. У чым сутнасць сістэмы паяснога часу ?

5. Як здзейсніць пераход паміж сапраўдным сонечным, сярэднім сонечным і паясным часам ?

6. Як вызначаецца сістэма лічэння летняга і зімовага часу на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь ?

7. Як вызначыць тэрміны метэаралагічных і актынаметрычных назіранняў на станцыях Рэспублікі Беларусь ?

Раздзел 3

АТМАСФЕРНЫ ЦІСК

АСНОЎНЫЯ ФІЗІЧНЫЯ ЎЛАСЦІВАСЦІ ПАВЕТРА: ШЧЫЛЬНАСЦЬ, ЦІСК І ТЭМПЕРАТУРА

Шчыльнасць ёсць адносіны масы рэчыва да яго аб'ёму. Так, 1 $м^3$ вады пры тэмпературы 4^0C мае масу 1 т, а 1 $м^3$ паветра пры 0^0C і нармальным ціску мае масу 1,293 кг. Значыць, пры дадзеных умовах шчыльнасць вады складае 1000 кг/$м^3$, а шчыльнасць паветра 1,293 кг/$м^3$. Такім чынам, шчыльнасць паветра прыкладна ў 800 разоў менш шчыльнасці вады.

Шчыльнасць атмасферы хутка памяншаецца з вышынёй. Палова ўсёй масы атмасферы сканцэнтравана ў слоі на вышыні 5,5 км. На вышыні 300 км шчыльнасць яе ўжо ў $4{\cdot}10^{10}$ разоў менш, чым на ўзроўні мора.

Ціск атмасферы — гэта сіла, з якой ціснe на адзінку зямной паверхні слуп паветра, што распасціраецца ад паверхні зямлі да верхняй мяжы атмасферы. Атмасферны ціск у любой кропцы атмасферы вызначаецца масай вертыкальнага слупа паветра, якое ляжыць вышэй гэтай кропкі.Кожны слой атмасферы зведвае ціск слаёў паветра, якія ляжаць вышэй, і ў сваю чаргу аказвае ціск на слой, што ляжыць ніжэй. Ціск з вышынёй памяншаецца; на вышыні 5 000 м ён прыкладна ў два разы менш, чым на ўзроўні мора.

Адзінкай для вымярэння атмасфернага ціску ў сістэме СІ з'яўляецца гектапаскаль (гПа). 1 гПа = 100 Па. 1 Па — гэта ціск, роўны сіле ў 1ньютан, якая дзейнічае на плошчу 1 $м^2$. Акрамя таго, у метэаралогіі выкарыстоўваюцца адзінкі ціску мілібар (мб) і міліметр ртутнага слупа (мм рт. сл.). 1 мб — гэта ціск, роўны сіле 1 000 дын, якая дзейнічае на 1 $см^2$. Міліметр ртутнага слупа — гэта змяненні

атмасфернага ціску, што адпавядаюць падняццю ці апусканню ртутнага слупа ў барометры на 1 мм. Суадносіны паміж гэтымі адзінкамі наступныя:

1 гПа = 1 мб = 0,75 мм рт. сл.; 1 мм рт. сл. = 1,33 гПа = 1,33 мб.

Ціск паветра пры тэмпература 0^0С на ўзроўні мора і шыраце 45^0 паўночнага паўшар'я роўны 1013,2 гПа, ці 760 мм рт.сл. Гэтая велічыня лічыцца нармальнай, або стандартнай.

Для вымярэння атмасфернага ціску ў метэаралогіі выкарыстоўваюць ртутныя барометры, анероіды і гіпсатэрмометры, а для рэгістрацыі — барографы з пругкімі адчувальнымі элементамі.

БАРОМЕТРЫ РТУТНЫЯ

Ртутныя барометры з'яўляюцца найбольш дакладнымі. Па сваёй будове яны могуць быць трох тыпаў (мал. 4): місачны, сіфонны і сіфонна-місачны.

Найбольш ужывальны місачны барометр (мал. 5). Ён мае наступную будову. Шкляная трубка *6* гэтага барометра запаяна зверху і запоўнена дыстыляванай ртуццю. Яна апушчана адкрытым канцом у пластмасавую або металічную міску з ртуццю. Міска мае сувязь з вонкавай атмасферай праз адтуліну, што зачыняецца шрубай *8*. Ртуць з трубкі выцяча толькі часткова. У трубцы застанецца слуп ртуці вышынёй Н (мал. 4). Паветра ў верхняй частцы шкляной трубкі адсутнічае. Пад уздзеяннем вонкавага ціску паветра на паверхню ртуці ў місцы слупок ртуці ў трубцы падымаецца да пэўнай вышыні. Маса слупа ртуці з пэўнай плошчай сячэння будзе роўна атмасфернаму ціску на тую ж плошчу.

Шкляная трубка з ртуццю ўтопліваецца ў металічную аправу, прыкручаную да міскі *9*. У верхняй частцы аправы *4* зроблены навылёт вертыкальны прарэз для адліку атмасфернага ціску ў час назіранняў. На левым баку прарэзу нанесена шкала ў мм рт. сл. ці гПа (мал. 6). Каб засцерагчы шкалу ад забруджвання, маецца шкляная трубка *3*, яна надзета звонку аправы *4* (мал. 5). Для адліку дзесятых частак унутры аправы знаходзіцца кольца з ноніусам *2*, які перамяшчаецца ўздоўж шкалы з дапамогай ручкі *5*. Пры адліках ціску ноніус падводзяць зверху да моманту, пакуль не адбудзецца дакрананне яго ніжняга зрэзу да вяршыні меніска ртуці ў трубцы. Пры гэтым вока павінна знаходзіцца на візірнай лініі, якая праходзіць праз нуль ноніуса і задні зрэз кольца ў сярэдзіне аправы *4* (мал. 5, 7).

Дзесяць дзяленняў ноніуса адпавядаюць 19 дзяленням шкалы барометра, што дазваляе адлічваць ціск з дакладнасцю да дзесятай часткі аднаго дзялення шкалы. Пры гэтым колькасць дзесятых частак вызначаецца па тым нумары дзялення ноніуса, якое супадае з дзяленнем шкалы.

У ніжняй частцы барометра замацаваны тэрмометр 7, які патрэбны для вызначэння тэмпературы прыбора перад адлікам ціску.

Барометр змяшчаецца ў спецыяльнай шафе, якая замацоўваецца на сцяне будынка метэастанцыі. У шафе барометр падвешваецца за кольца *1* да спецыяльнага крука.

У час назіранняў адлікі па тэрмометры і барометры бяруцца з дакладнасцю да дзесятай адзінкі вымярэння. Відавочна, што ціск слупа ртуці барометра вышынёй *H* ураўнаважваецца атмасферным ціскам *p*, які ўздзейнічае на паверхню ртуці ў месцы барометра. Масу гэтага слупа ртуці можна ўявіць як здабытак:

$$p = Hg\rho, \qquad (1)$$

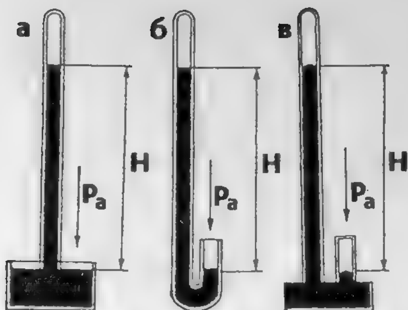
дзе ρ — шчыльнасць ртуці (13,596 г/см^3), *g* — паскарэнне сілы цяжару.

Велічыні ρ і *g* характарызуюцца зменлівасцю. Яны залежаць ад тэмпературы, шыраты і вышыні месца. Таму іх патрэбна прывесці да нармальных (стандартных) умоў шляхам увядзення адпаведных паправак.

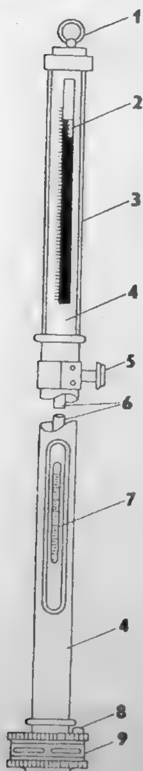
Папраўкі ртутнага барометра. Да адліку па барометры ўводзіцца шэраг паправак: 1) інструментальная; 2) тэмпературная; 3) папраўка на паскарэнне сілы цяжару.

Інструментальная папраўка залежыць ад якасці барометра. Яна звязана з недасканаласцю яго вырабу. Гэтая папраўка бярэцца з праверачнага пасведчання (сертыфіката), што прыкладваецца да барометра. Яе знаходзяць шляхам параўнання дадзенага прыбора з эталонам.

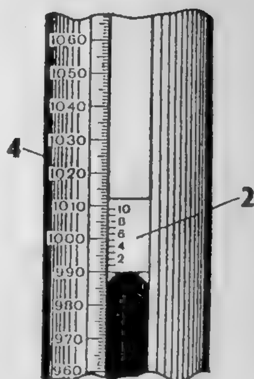
Папраўка на тэмпературу вызначаецца на аснове вядомай залежнасці шчыльнасці ртуці ад тэмпературы. Пры павелічэнні тэмпературы ртуць расшыраецца, шчыльнасць яе памяншаецца і вышыня ртутнага слупа аказваецца завышанай. Таму паказанні барометра прыводзяць да тэмпературы 0°C (дадатак 3). Пры дадатных тэмпературах папраўку патрэбна аднімаць з адліку, а пры адмоўных — прыбаўляць.



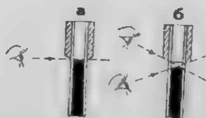
Мал. 4. Тыпы місачных барометраў:
а - місачны; б - сіфонны; в - сіфонна-місачны



Мал. 5. Барометр місачны



Мал. 6. Шкала і ноніус ртутнага барометра



Мал. 7. Становішча вока назіральніка ў час адліку па барометры:
а - правільнае; б - няправільнае

Папраўка на паскарэнне сілы цяжару залежыць ад шыраты і вышыні месца над узроўнем мора. Паскарэнне сілы цяжару целаў змяняецца з шыратой з-за змяненняў з шыратой адцэнтравай сілы пры вярчэнні Зямлі. Максімальнага значэння адцэнтравая сіла дасягае на экватары, а на полюсах яна становіцца роўнай нулю. Маса целаў, у тым ліку ртуці ў барометры, з набліжэннем да экватара памяншаецца, а пры руху да полюса — павялічваецца.

Залежнасць паскарэння ад вышыні месца над узроўнем мора вызначаецца законам сусветнага прыцягнення. Адпаведна закону Ньютана, паскарэнне цела, якое свабодна падае, адваротна прапарцыянальна квадрату адлегласці цела да цэнтра зямнога шара.

Для супастаўлення даных аб ціску, атрыманых на розных шыротах і вышынях над узроўнем мора, іх прыводзяць да стандартнага паскарэння сілы цяжару, прынятага на шыраце 45^0 і на ўзроўні мора. Папраўка на паскарэнне сілы цяжару ў залежнасці ад шыраты месца будзе дадатнай у высокіх шыротах і адмоўнай — у нізкіх (дадатак 4). У залежнасці ж ад вышыні над узроўнем мора гэта папраўка будзе адмоўная на ўсіх вышынях, якія размяшчаюцца вышэй узроўню мора (дадатак 5).

Прыклад. Шырата станцыі 60°, вышыня над узроўнем мора 300 м. Адлік па барометры 1000 гПа. Паказанні тэрмометра на барометры $18{,}0^\circ$С. Паправіць адлік па барометры.

Рашэнне. З сертыфіката бяром інструментальныя папраўкі тэрмометра ($0{,}1^\circ$С) і барометра (0,5 гПа). Тады тэмпература ў час адліку па барометры будзе $18^\circ + 0{,}1^\circ = 18{,}1^\circ$. У дадатку 3 знаходзім тэмпературную папраўку, з дапамогай якой прыводзім паказанні барометра да тэмпературы 0°С. Гэта папраўка складае -2,9 гПа. З дадатку 4 бяром папраўку на шырату. Яна складае 1,3 гПа. У дадатку 5 знаходзім папраўку на вышыню над узроўнем мора, якая роўная 0,06 гПа. У выніку агульная папраўка 0,5 гПа + (-2,9 гПа) + 1,3 гПа + 0,06 гПа = - 1,0 гПа. Папраўленая велічыня ціску будзе роўная 1000 гПа - 1,0 гПа = 999 гПа.

АНЕРОІД

Анероід належыць да дэфармацыйных барометраў, заснаваных на залежнасці пругкай дэфармацыі прыёмніка пад уплывам

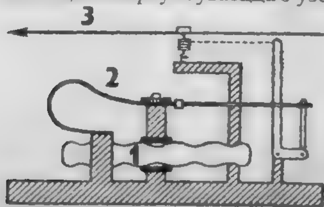
змяненняў атмасфернага ціску. Прыёмнікам, або часткай барометра, якая ўспрымае змяненні ціску, служыць металічная з хвалістай паверхняй анероідная каробка *1* (мал. 8). Паветра з каробкі выпампавана. Вонкавы атмасферны ціск, накіраваны на сцісканне каробкі, ураўнаважваецца спружынай *2*, якая падтрымлівае сценкі каробкі ў расцягнутым стане. У выніку гэтага крышка каробкі набывае здольнасць да дэфармацыі ў залежнасці ад хістанняў ціску. Ваганні крышкі каробкі ўзмацняюцца спецыяльнай сістэмай рухомых рычагоў і перадаюцца на стрэлку *3*, якая перамяшчаецца ўздоўж шкалы з дзяленнямі. Для вызначэння тэмпературы прыбора служыць дугападобны тэрмометр, устаўлены пад цыферблат. Механізм анероіда змяшчаецца ў пластмасавым футляры.

Анероід устанаўліваецца ў гарызантальным стане. Назіранні пачынаюць з адліку тэмпературы да дзесятых градуса. Потым неабходна злёгку пастукаць пальцам па шкле барометра, каб пераадолець сілы трэння ў сістэме рычагоў, і зрабіць адлік з дакладнасцю да адной дзесятай адзінкі вымярэння.

Паказанні анероіда папраўляюць трыма папраўкамі: 1) тэмпературнай; 2) шкалавай і 3) дадатковай. Усе яны прыводзяцца ў праверачным пасведчанні (сертыфікаце).

Тэмпературная папраўка. Пры змяненні тэмпературы змяняецца пругкасць каробкі і спружыны. Калі тэмпература павялічваецца, іх пругкасць памяншаецца, у выніку чаго каробка сціскаецца больш і анероід завышае паказанні. Каб выключыць уплыў тэмпературы, паказанні анероіда прыводзяць да тэмпературы 0°С.

Шкалавая папраўка. Яна выключае інструментальную хібнасць, што ўзнікае ў выніку недасканалай вытворчасці барометра. Паказанні барометра могуць адрозніваца ад сапраўднага ціску. Памылкі анероіда выяўляюцца пры яго праверцы ў баракамеры, дзе задаецца розны ціск, які параўноўваецца з узорным барометрам.



Мал. 8. Схема анероіда

Дадатковая папраўка. Вызначаецца пры праверцы паказанняў анероіда, якія ўдакладнены тэмпературнай і шкалавай папраўкамі, з узорным барометрам. Гэты тып папраўкі ўзнікае ў выніку змяненняў, якія адбываюцца з цягам часу ў механізме барометра.

ГІПСАТЭРМОМЕТР

У аснову гіпсаметрычнага метаду вызначэння атмасфернага ціску пакладзена залежнасць тэмпературы кіпення вадкасці ад ціску. Вадкасць пачынае кіпець пры тэмпературы, пры якой пругкасць насычэння пары роўная вонкаваму ціску на паверхню вадкасці. Калі ведаць тэмпературу пары кіпетню, можна па спецыяльных табліцах знайсці пругкасць пары, а значыць, і атмасферны ціск. У якасці вадкасці пры вымярэнні ціску гіпсатэрмометрам выкарыстоўваюць дыстыляваную ваду. Напрыклад, пры ціску 1013 гПа тэмпература пары кіпетню вады роўная 100°, пры 1066 гПа — 101,4°, а пры 933,3 гПа — 97,7°С.

Гіпсатэрмометр складаецца са спецыяльнага тэрмометра *1* і кіпяцільніка *2* (мал. 9).

Кіпяцільнік уяўляе сабой металічную пасудзіну *3*, што запоўнена дыстыляванай вадой. Зверху да пасудзіны прымацавана металічная трубка *4* з падвоенымі сценкамі, у сярэдзіне якой знаходзіцца тэрмометр. Пры кіпенні вады рэзервуар тэрмометра абмываецца вадзяной парай. Ваду ў кіпяцільніку награваюць пры дапамозе спіртоўкі або электранагравальнага элемента.

БАРОГРАФ

Для бесперапыннай рэгістрацыі змяненняў атмасфернага ціску выкарыстоўваюць барограф (мал. 10). Ён складаецца з трох частак: прыёмнай *1*; перадатачнай *2*; запісной *3*.

Прыёмнай часткай, якая рэагуе на змяненні ціску, з'яўляюцца некалькі анероідных каробак, што сашрубаваны сумесна. Паветра з каробак выпампавана. Для таго каб яны не сціскаліся пад уздзеяннем вонкавага ціску, у сярэдзіне кожнай каробкі змяшчаецца спружына ў выглядзе рысоры. Пры павелічэнні атмасфернага ціску каробкі сціскаюцца, а пры яго памяншэнні — распускаюцца.

Адчувальнасць анероідных каробак залежыць ад змяненняў тэмпературы. Для выключэння ўплыву тэмпературы на паказанні барографа выкарыстоўваецца біметалічны тэрмакампенсатар.

Ваганні анероідных каробак, выкліканыя хістаннямі атмасфернага ціску, узмацняюцца **перадатачным механізмам** і праз сістэму рычагоў перадаюцца на стрэлку *4* з пяром *5*, якое напаўняецца спецыяльным чарнілам.

Запісной часткай барографа з'яўляецца барабан *3* з гадзіннікавым механізмам усярэдзіне. На барабан надзяваецца папяровая стужка, на якой маюцца дзяленні. Гарызантальныя дзяленні адпавядаюць атмасфернаму ціску ў гПа, а вертыкальныя дугападобныя — прамежкам часу.

Пяро, якое датыкаецца да стужкі пры вярчэнні барабана, пакідае на ёй запіс (графік ходу), што адпавядае хістанням атмасфернага ціску.

Дзяржанне *6* дазваляе адводзіць стрэлку з пяром ад барабана ў тэрміны замены стужкі. Паказанні барографа кантралююцца данымі ртутнага барометра. Для гэтага ў тэрміны назіранняў на стужцы барографа робіцца засечка пры дапамозе кнопкі *7*. Барографы ў залежнасці ад скорасці ходу гадзіннікавага механізма бываюць сутачныя і тыднёвыя. Апрацоўка стужак сутачнага барографа здзяйсняецца так, як і тэрмографа (гл. раздзел 5).

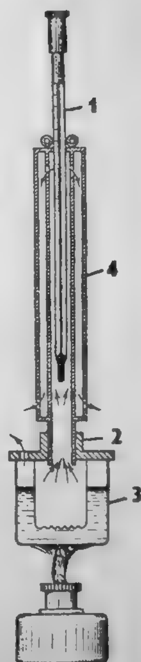
У тэрміны назіранняў па запісу тыднёвага барографа вызначаюць барычную тэндэнцыю, г.зн. велічыню, знак і характар змянення ціску за апошнія тры гадзіны.

БАРАМЕТРЫЧНАЕ НІВЕЛІРАВАННЕ

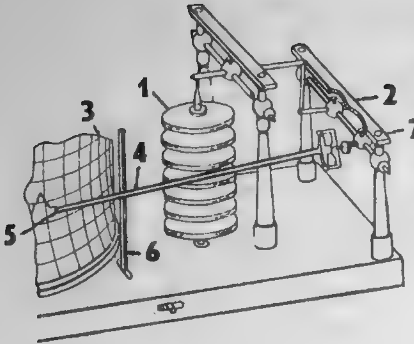
Пад бараметрычным нівеліраваннем разумеецца вызначэнне рознасці вышынь двух пунктаў на мясцовасці, у якіх вымераны ціск і тэмпература паветра пры дапамозе барометра-анероіда або гіпсатэрмометра і тэрмометра. Разлік перавышэння аднаго пункта над другім здзяйсняецца па бараметрычнай формуле Бабінэ, якая выводзіцца з асноўнага ўраўнення статыкі

$$dp=g\rho dz, \qquad (2)$$

дзе $dp = P_1 - P_2$, гэта рознасць паміж ціскам на ніжнім P_1 і верхнім пунктах P_2; g — пас-



Мал. 9.
Гіпсатэрмометр



Мал. 10. Будова барографа

карэнне свабоднага падзення; ρ_x — шчыльнасць паветра dz — аб'ём, але пры папярочным сячэнні, роўным адзінцы, dz адпавядае вышыні Z. Тады формула (2) прыме выгляд

$$Z = \frac{P_1 - P_2}{\rho g}, \qquad (3)$$

Фізічную сувязь паміж ціскам, тэмпературай і шчыльнасцю пры іх сярэдніх значэннях m выражае ўраўненне стану газаў

$$\rho_m = \frac{P_m}{RT_m}, \qquad (4)$$

дзе R — удзельная газавая пастаянная, T — тэмпература па абсалютнай шкале. Сярэдні ціск паміж пунктамі назіранняў роўны

$$P_m = \frac{P_1 + P_2}{2}.$$

Тады формула (4) прыме выгляд

$$\rho_m = \frac{\frac{P_1 + P_2}{2}}{RT_m} = \frac{P_1 + P_2}{2RT_m}. \qquad (5)$$

Значэнне ρ_m падставім у формулу (3):

$$z = \frac{P_1 - P_2}{\frac{P_1 + P_2}{2RTm} \cdot g} = \frac{(P_1 - P_2)2RTm}{(P_1 + P_2)g}. \qquad (6)$$

Выражэнне ў формуле (6) $\frac{RT_m}{g} = 8000(1 + \alpha t)$ паказвае вышыню аднароднай атмасферы. Тады формула (6) прыме канчатковы выраз бараметрычнай формулы Бабінэ:

$$Z = 8000 \frac{2(P_1 - P_2)}{P_1 + P_2}(1 + \alpha t), \quad (7)$$

дзе P_1 — ціск на ніжнім узроўні; P_2 — ціск на верхнім узроўні; α — каэфіцыент расшырэння паветра, роўны 0,00366; t— сярэдняя тэмпература паветра, вымераная на ніжнім і верхнім пунктах; Z — перавышэнне аднога пункта над другім.

Прыклад. У паверхні зямлі тэмпература паветра раўнялася 12,0°С пры атмасферным ціску 980,0 гПа, а на нейкай вышыні ў пункце А тэмпература складала 8,0°С пры ціску 920,0 гПа. Якое перавышэнне пункта А над зямной паверхняй?

Рашэнне:

$$t = \frac{12{,}0^\circ + 8{,}0^\circ}{2} = 10^0\text{C};$$

$$Z = 8000 \frac{2(980гПа - 920гПа)}{980гПа + 920гПа}\left(1 + 0{,}004 \cdot 10^\circ C\right) = 525 \text{ м}.$$

БАРЫЧНАЯ СТУПЕНЬ

Барычнай ступенню называецца вышыня, на якую патрэбна падняцца ці апусціцца, каб ціск змяніўся на адзінку яго вымярэння.

Для вызначэння барычнай ступені карыстаюцца пераўтворанай бараметрычнай формулай Бабінэ (7). Рознасць паміж ціскам на крайніх межах барычнай ступені $P_1 - P_2 = 1$, а сума ціску на гэтых межах прыкладна роўная $P_1 + P_2 = 2P$. Тады формула (7) прымае выгляд

$$h = \frac{8000}{P}(1 + \alpha t), \quad (8)$$

дзе h — велічыня барычнай ступені, выражаная ў метрах.

Велічыня барычнай ступені дазваляе прывесці ціск да ўзроўню мора. На прыземных сінаптычных картах заўсёды наносіцца ціск, прыведзены да ўзроўню мора. Гэтым выключаецца ўплыў вышыні на значэнні ціску і надаецца магчымасць аналізаваць гарызантальнае размеркаванне ціску.

Прыклад. На метэаралагічнай станцыі, вышыня якой 200 м, ціск роўны 1000,0 гПа, а тэмпература 10,0°С. Вылічыць ціск на ўзроўні мора.

Рашэнне. Вызначаем велічыню барычнай ступені h па формуле (8). Знаходзім сярэднюю тэмпературу паміж тэмпературамі ўзроўню станцыі і ўзроўню мора. Тэмпература на ўзроўні мора вызначаецца па вертыкальныму градыенту тэмпературы ў трапасферы, які прымаецца роўным 0,6/100 м. Значыць, калі станцыя мае вышыню 200 м, а тэмпературу 10,0°С, то на ўзроўні мора 11,2°С. Тады сярэдняя тэмпература слупа паветра паміж станцыяй і ўзроўнем мора 10,6°С.

Вылічваем барычную ступень:

$$h = \frac{8000}{1000}\left(1 + 0{,}004 \cdot 10{,}6^\circ\right) = 8{,}3 \text{ м/гПа}.$$

Знаходзім ціск на ўзроўні мора:

$$P = 1000 + \frac{200}{8{,}3} = 1024{,}0 \text{ гПа}.$$

Вызначаем сярэдні ціск паміж верхнім і ніжнім узроўнямі:

$$P = \frac{1000 + 1024}{2} = 1012{,}0 \text{ гПа}.$$

Тады дакладная велічыня барычнай ступені роўная:

$$h = \frac{8000}{1012}\left(1 + 0{,}004 \cdot 10{,}6^\circ\right) = 8{,}2 \text{ м/гПа},$$

а ціск на ўзроўні мора:

$$P = 1000 + \frac{200}{8{,}2} = 1024{,}4 \text{ гПа}.$$

Задачы

1.Вышыня станцыі 300 м, шырата месца 55°. Паказанні ртутнага барометра 967,8 гПа, інструментальная папраўка дадзенага барометра 0,3 гПа. Паказанні тэрмометра ў барометры 14,5°, яго пап-

раўка — 0,2°C. Вылічыць папраўкі, увесці іх да паказанняў барометра і знайсці ціск на станцыі.

2.Паказанні барометра-анероіда 750,5 мм рт. сл., шкалавая папраўка пры 745,0 мм роўная 0,1 мм, пры 755 мм — 0,3 мм, паказанні тэрмометра пры барометры 18,4°C, тэмпературная папраўка на 1°C складае 0,03 мм, дадатковая папраўка — 2,5 мм рт. сл. Знайсці ціск у мм рт. сл. і ў гПа.

3. Выразіць у мм рт. сл. ціск роўны 900,0 гПа. Знайсці пры гэтым ціску вагу і масу слупа паветра з сячэннем 1 см^2, 1м^2, які распаўсюджваецца да верхняй мяжы атмасферы.

4. Пры нармальных (стандартных) умовах ціск 1015 гПа. Знайсці вышыню, якую будуць мець слупы ртуці, вады і бензіну (шчыльнасць бензіну 0,7 г/см^3), што ўраўнаважваюць гэты ціск.

5. Перавесці ў гПа ціск 723,5; 749,4 і 792,2 мм рт. сл. Перавесці ў мм рт. сл. ціск 956,4; 989,7 і 1045,8 гПа.

6. Пры правядзенні бараметрычнага нівеліравання ў горным раёне атмасферны ціск на ўзроўні мора быў 978,0 гПа пры тэмпературы 6,0°, на вяршыні гары ціск склаў 922,0 гПа пры тэмпературы 8°. Вызначыць вышыню гары.

7. Пры ўваходзе ў слаіста-кучавое воблака адзначаўся ціск 910 гПа і тэмпература 3°, а пры выхадзе з воблака ціск паменшыўся на 55 гПа, а тэмпература панізілася на 2°C. Вызначыць вертыкальную магутнасць воблака.

8. На метэаралагічнай станцыі назіраўся ціск 1031,0 гПа і тэмпература 13,5°. У гэты час на радыёзондзе над станцыяй прыборы адзначалі ціск 947,0 гПа і тэмпературу 8,5°. На якой вышыні знаходзіцца радыёзонд?

9. У момант запуску радыёзонда каля паверхні зямлі ціск раўняўся 1013,4 гПа, а тэмпература 22,5°. Пры ўваходзе радыёзонда ў кучавое воблака адзначаўся ціск 940,6 гПа і тэмпература 18,7°. Якая вышыня ніжняй мяжы воблака?

10. Каля паверхні зямлі тэмпература раўнялася -3,2° пры атмасферным ціску 1014,8 гПа, а на верхняй мяжы слоя прыземнай інверсіі тэмпература склала 1,4°C пры атмасферным ціску 940,0 гПа. Якая магутнасць слоя інверсіі?

11. Вызначыць барычную ступень, калі на ўзроўні мора атмасферны ціск 1010,0 гПа, а тэмпература паветра 10°C.

12. На колькі зменіцца барычная ступень пры стандартным атмасферным ціску, калі тэмпература паветра зменіцца ад -45° да +45°?

13. На метэаралагічнай станцыі атмасферны ціск 980,0 гПа, а тэмпература паветра -10,0°. Вызначыць ціск на вышыні 600 м, дзе тэмпература -20,0°.

14. На вяршыні гары Лысая (вышыня 342 м) Мінскага ўзвышша атмасферны ціск 990,0 гПа і тэмпература паветра 8,0°. Вызначыць ціск на ўзроўні мора.

Кантрольныя пытанні

1. Што разумеецца пад шчыльнасцю паветра?
2. Што такое ціск атмасферы?
3. Што называецца нармальным, ці стандартным, ціскам?
4. Якія існуюць адзінкі вымярэння атмасфернага ціску і іх суадносіны?
5. Як пабудаваны ртутныя барометры?
6. Чаму барометры запаўняюцца менавіта ртуццю, а не другой вадкасцю?
7. Правілы назіранняў па ртутным барометры.
8. Якія папраўкі ўводзяцца да адліку па ртутным барометры?
9. Як пабудаваны барометр-анероід?
10. Якія папраўкі ўводзяцца да адліку па барометры-анероідзе?
11. Як пабудаваны гіпсатэрмометр?
12. Як пабудаваны і працуе барограф?
13. Што такое бараметрычнае нівеліраванне і як яно выконваецца?
14. Як выводзіцца бараметрычная формула Бабінэ?
15. Што называецца барычнай ступенню?
16. Як прыводзіцца ціск да ўзроўню мора?
17. З якой мэтай ціск прыводзіцца да ўзроўню мора?

Раздзел 4

СОНЕЧНАЯ РАДЫЯЦЫЯ

ВІДЫ РАДЫЯЦЫІ

Энергетычнай крыніцай для ўсіх працэсаў і з'яў, якія адбываюцца ў атмасферы і на Зямлі, з'яўляецца **прамянёвая энергія Сонца**. **Сонечная радыяцыя**, у склад якой уваходзяць электрамагнітныя хвалі даўжынёй менш 4 мкм[1], адносяцца да караткахвалевай радыяцыі. У спектры сонечнага выпраменьвання вылучаюць ультрафіялетавую ($\lambda<0,4$ мкм), бачную ($\lambda=0,4$ — 0,76 мкм) і інфрачырвоную ($\lambda>0,76$ мкм) радыяцыю.

Адзінкай вымярэння імгненных значэнняў радыяцыйных струменяў з'яўляецца кілават на квадратны метр (кВт/м^2). Пры актынаметрычных вымярэннях радыяцыйныя струмені вызначаюцца з дакладнасцю да 0,01 кВт/м^2, што эквівалентна 0,014 кал/см^2 ·мін.

Гадзінныя і сутачныя сумы прамянёвай энергіі сонца выражаюцца ў мегаджоулях на квадратны метр (МДж/м^2).

Актынаметрычныя вымярэнні забяспечваюць вызначэнне гадзінных і сутачных сум сонечнай радыяцыі з дакладнасцю да 0,01 МДж/м^2. Месячныя сумы радыяцыйных струменяў вылічваюцца з дакладнасцю да цэлых, а гадавыя — да дзесяткаў МДж/м^2. Для пераходу ад пазасістэмных адзінак да адзінак СІ патрэбна помніць, што 1 кал = 4,19 Дж; 1 кал/см^2·мін = 697,8 Вт/м^2; 1 Вт/м^2 = 1 Дж/с·м^2; 1 ккал/см^2 = 41,9 МДж/м^2.

Сонечная радыяцыя, якая паступае на перпендыкулярную паверхню непасрэдна ад сонечнага дыска, называецца **прамой сонечнай радыяцыяй *S***.

Энергетычная асветленасць, г.зн. шчыльнасць патоку радыяцыі на нармальную да промня паверхню за межамі атмасферы пры сярэдняй адлегласці паміж Зямлёй і Сонцам, называецца **сонечнай пастаяннай**, якая роўная S_0 = 1,353 кВт/м^2, або 1,98 кал/см^2·мін.

[1] 1 мкм = 10^{-3} нм = 10^{-6} м, мікраметры яшчэ называюць мікронамі, а нанаметры – мілімікронамі, 1 нм = 10^{-9} м.

Праходзячы праз усю атмасферу, сонечная радыяцыя аслабляецца: часткова рассейваецца малекуламі газаў, кроплямі вады, крышталікамі лёду і пылу, часткова паглынаецца вадзяной парай H_2O, вуглякіслым газам CO_2 і азонам O_3, а часткова адбіваецца атмасферай. У выніку аслаблення прамая сонечная радыяцыя ў зямной паверхні заўсёды значна менш, чым сонечная пастаянная. Аслабленне прамой сонечнай радыяцыі ў атмасферы характарызуецца каэфіцыентам празрыстасці p і падпарадкоўваецца закону аслаблення, які выражаецца **формулай Бугэ**:

$$S_m = S_0 p^m, \qquad (1)$$

дзе S_m — прамая сонечная радыяцыя ў зямной паверхні пры дадзенай масе атмасферы; S_0 — сонечная пастаянная; p — каэфіцыент празрыстасці пры дадзенай масе атмасферы; m — маса атмасферы на шляху сонечных промняў; $m = \frac{1}{\sin h}$ (дадатак 7).

Прамая сонечная радыяцыя, якая прыходзіць на гарызантальную паверхню, вылічваецца па формуле

$$S^1 = S\sin h, \qquad (2)$$

дзе h — вышыня сонца над гарызонтам.

Радыяцыя, якая паступае на зямную паверхню ад усяго нябеснага схілу, называецца **рассеянай** D. Уся сонечная радыяцыя, якая дасягае зямной паверхні, прамая і рассеяная, уяўляе сабой **сумарную радыяцыю** Q:

$$Q = S^1 + D = S\sin h + D. \qquad (3)$$

Дасягнуўшы зямной паверхні, сумарная радыяцыя часткова паглынаецца дзейным слоем, а часткова адбіваецца. Адносіны **адбітай** ад зямной паверхні радыяцыі R да агульнай яе колькасці сумарнай радыяцыі Q называюцца **альбеда** A:

$$A = \frac{R}{Q}. \qquad (4)$$

Велічыня альбеда характарызуе адбівальную здольнасць дзейнай паверхні. Яна выражаецца ў частках адзінкі, ці ў працэнтах. Рознасць паміж сумарнай і адбітай радыяцыяй называецца **паглы-**

нутай радыяцыяй, або балансам караткахвалевай радыяцыі зямной паверхні $B_к$:

$$B_к = Q - R, \text{ ці } B_к = Q(1 - A). \quad (5)$$

У выніку паглынання сонечнай радыяцыі паверхня зямлі і яе атмасфера награваюцца. Як усе целы, якія маюць тэмпературу вышэй абсалютнага нуля, паверхня зямлі і атмасфера таксама выпраменьваюць радыяцыю, якая называецца **даўгахвалевай інфрачырвонай** (λ = 4 - 100 мкм).

Зямное выпраменьванне называецца ўласным выпраменьваннем зямной паверхні $E_з$, якое, адпаведна закону Стэфана-Больцмана, прапарцыянальна чацвёртай ступені яе абсалютнай тэмпературы T:

$$E = \delta\sigma T^4, \quad (6)$$

дзе σ — пастаянная Стэфана-Больцмана, роўная $5{,}65 \cdot 10^{-10}$ мВт (см$^2 \cdot$К^4), ці $8{,}14 \cdot 10^{-11}$ кал (см$^2 \cdot$мін$\cdot$К^4); δ — адносная выпраменьвальная здольнасць дзейнай паверхні. Для чорнага цела $\delta = 1$, для снегу $\delta = 0{,}98$, для сухога пяску $\delta = 0{,}9$.

Выпраменьванне атмасферы накіравана як да Зямлі, так і ў касмічную прастору. Частка даўгахвалевага атмасфернага выпраменьвання, што накіравана да зямной паверхні, называецца **сустрэчным выпраменьваннем атмасферы** $E_а$.

Рознасць паміж уласным выпраменьваннем зямной паверхні $E_з$ і сустрэчным выпраменьваннем атмасферы $E_а$ называецца **эфектыўным выпраменьваннем паверхні** $E_{эф}$:

$$E_{эф} = E_з - E_а. \quad (7)$$

Эфектыўнае выпраменьванне ўяўляе сабой **баланс даўгахвалевай радыяцыі** на зямной паверхні $B_д$.

Рознасць паміж усімі патокамі радыяцыі, якія прыходзяць да дзейнай паверхні і адыходзяць ад яе, называецца **радыяцыйным балансам зямной паверхні** B. Удзень радыяцыйны баланс роўны суме:

$$B = B_к + B_д, \text{ ці } B = (S\sin h + D)(1 - A) - E_{эф}. \quad (8)$$

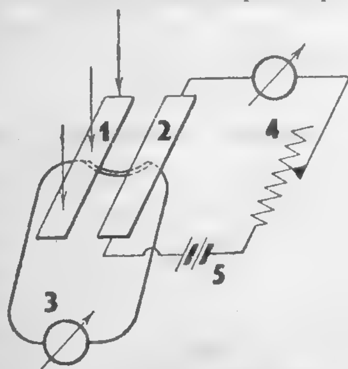
Інакш кажучы, дзённы радыяцыйны баланс уяўляе сабой розпасць паміж паглынутай радыяцыяй і эфектыўным выпраменьваннем. Ноччу $Q = 0$, значыць

$$B = B_{д} = -E_{эф}. \qquad (9)$$

ВЫМЯРЭННЕ ПРАМОЙ СОНЕЧНАЙ РАДЫЯЦЫІ

Прамая сонечная радыяцыя вымяраецца пры дапамозе пігрелiёметра і актынометра.

Кампенсацыйны піргеліёметр Ангстрэма. Гэты прыбор з'яўляецца найбольш дасканалым для вымярэння прамой сонечнай радыяцыі. Прыёмнай часткай кампенсацыйнага піргеліёметра служаць дзве тонкія палоскі з манганіну *1*, *2* (мал. 11). З боку, павернутага да Сонца, палоскі зачэрнены сажай і маюць каэфіцыент паглынання $\delta = 0{,}985$. Да супрацьлеглага боку кожнай палоскі прыклеены тэрмаэлемент, які складаецца з канстантану і медзі. Да клемаў тэрмаэлемента падключаецца гальванометр *3*, які замыкае тэрмаэлектрычны ланцуг, што дае магчымасць параўноўваць тэмпературу палосак. У працэсе вымярэння прамой сонечнай радыяцыі на адну палоску *1* уздзейнічаюць сонечныя промні, а другая *2* у гэты час зацененa. У зацененую палоску накіроўваецца ток ад батарэі *5*. Ток батарэі рэгулюецца рэастатам *4* такім чынам, каб тэмпература палосак была аднолькавай. Гэта вызначаецца па нулявым значэнні гальванометра, якое сведчыць аб поўнай кампенсацыі награвання і роўнасці тэмператур дзвюх палосак.



Мал.11.Схема кампенсацыйнага піргеліёметра

Палоска, якая апраменьваецца сонечнай радыяцыяй, атрымлівае $Sbl\delta$ кал/мін цяпла, дзе S — інтэнсіўнасць прамой радыяцыі; δ — паглынальная здольнасць паверхні палоскі, а bl — плошча палоскі, роўная 0,4 см^2. Зацененая і нагрэтая токам палоска *2* атрымлівае пры кампенсаванні тую ж магутнасць, якая роўная

60 cri^2 кал/мін, дзе $c = 0{,}239$ кал/эрг, r — супраціўленне палоскі ў омах, i — сіла кампенсацыйнага току ў амперах.

Пры поўнай кампенсацыі велічыні энергіі на дзвюх палосках аднолькавыя, г.зн.

$$Sbl\delta = 60\,cri^2. \qquad (10)$$

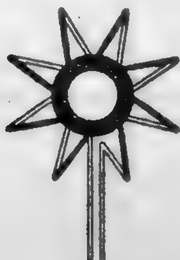
Адсюль велічыня інтэнсіўнасці радыяцыі S:

$$S = \frac{60cr}{\delta bl} i^2, \text{ або } S = Ki^2, \qquad (11)$$

дзе K — пераводны множнік піргеліёметра, які вызначаецца ў лабараторных умовах. Піргеліёметр з'яўляецца абсалютным прыборам, які дазваляе па сіле кампенсацыйнага току вызначыць прамую сонечную радыяцыю.

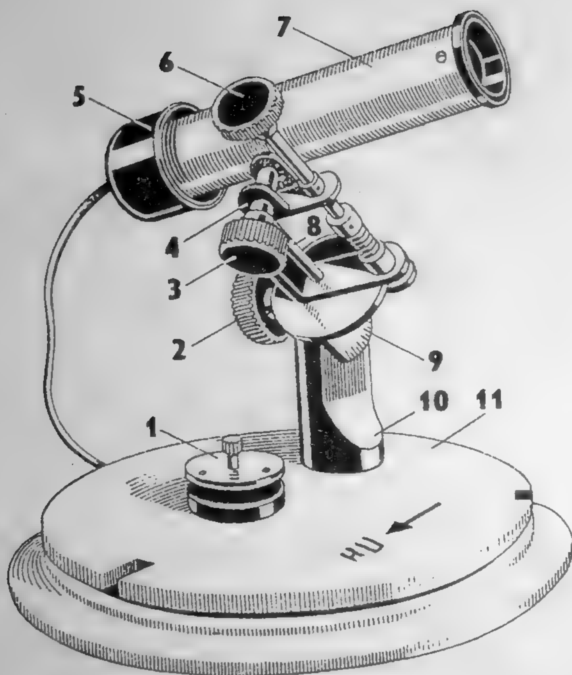
ТЭРМАЭЛЕКТРЫЧНЫ АКТЫНОМЕТР САВІНАВА — ЯНІШЭЎСКАГА

Прыёмнай часткай актынометра з'яўляецца зачэрнены дыск, зроблены з сярэбранай фальгі (мал.12). Звернуты да Сонца бок дыска пакрыты чорнай эмаллю, а да супрацьлеглага боку прыклеены актыўныя спаі тэрмаэлектрычнай батарэі з канстантану і манганіну, якія маюць выгляд зоркі. Пасіўныя спаі прыклеены да меднага кальца, якое замацавана на ніжнім канцы трубкі *7* актынометра (мал. 13).Унутры трубкі маюцца сем дыяфрагм, якія захоўваюць прыёмную частку ад уплыву ветру, рассеянай і адбітай радыяцыі.



Мал. 12. Схема прыёмнай часткі тэрмаэлектрычнага актынометра (тэрмазорка)

Для назіранняў актынометр устанаўліваецца так, каб яго аснова *11* і штатыў *10* былі арыентаваны стрэлкамі на поўнач. Затым актынометр устанаўліваюць па шыраце. Для гэтага аслабляюць шрубу *2* і ставяць сектар шырот *9* адпаведна шыраце месца. З дапамогай шрубаў *3* і *6* нацэльваюць трубку *7* на Сонца. Вось *8* штатыва і ручка *6* размяшчаюцца па восі свету. Можна варочаць ручку *6* і весці трубку за Сонцам, папраўляючы яе нахіл на восі *4*, адпаведна магнітнаму схіленню. Нацэльванне трубкі на Сон-

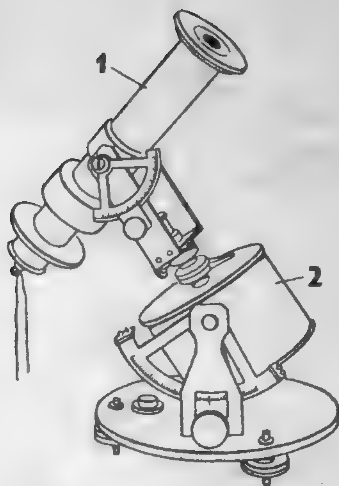


Мал. 13. Актынометр тэрмаэлектрычны

ца праводзіцца пры дапамозе экрана *5* на ніжнім канцы трубкі, дзе павінен канцэнтрычна размяшчацца цень ад аправы на верхнім канцы трубкі. Накрыўка *1* надзяваецца на трубку пры вызначэнні кантролю месца нуля. Тэрмабатарэя актынометра пры дапамозе электрычных правадоў злучаецца з гальванометрам або інтэгратарам.

ГЕЛІЯСТАТ

Для бесперапыннай рэгістрацыі прамой сонечнай радыяцыі служыць геліястат. Ён уяўляе сабой тэрмаэлектрычны актынометр *1*, што прыстасаваны да барабана з гадзіннікавым механізмам *2*

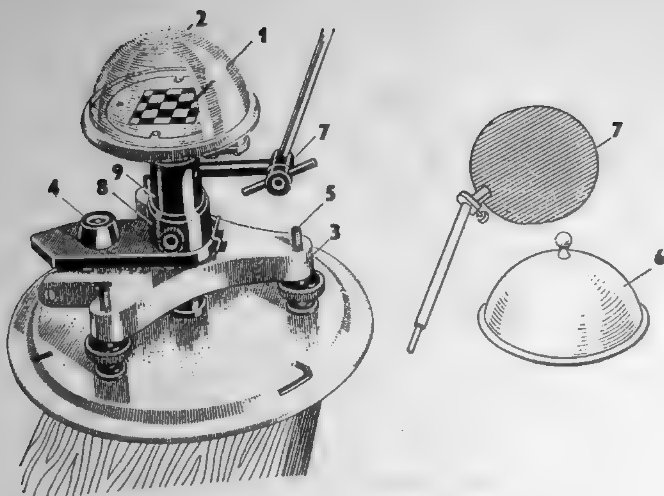


Мал. 14. Геліястат з актынометрам

(мал. 14). Актынометр круціцца гадзіннікавым механізмам вакол восі, якая размяшчаецца па восі свету. Трубка актынометра паволі рухаецца ўслед за Сонцам. Для бесперапыннага запісу тэрматоку актынометра да яго падключаецца самапішучы гальванометр (гальванограф). Уся сумесная ўстаноўка называецца актынограф.

ТЭРМАЭЛЕКТРЫЧНЫ ПІРАНОМЕТР ЯНІШЭЎСКАГА

Для вымярэння сумарнай, рассеянай і адбітай радыяцыі выкарыстоўваецца тэрмаэлектрычны піранометр. Прыёмная частка піранометра ўяўляе сабой тэрмаэлектрычную батарэю *1*, якая складаецца з манганінавых і канстантанавых палосак (мал. 15). Тэрмабатарэя афарбавана ў чорна-белы колер і мае выгляд шахматнай дошкі. Цотныя спаі тэрмабатарэі пабелены магнезіяй, а няцотныя зачэрнены сажай. Гэтыя спаі па-рознаму паглынаюць сонечную радыяцыю і па-рознаму награваюцца. Рознасць тэмператур выклікае ў тэрмабатарэі электрарухаючую сілу (ЭРС), якая прапарцыянальна інтэнсіўнасці сонечнай радыяцыі. Тэрматок вымяраецца гальванометрам ГСА-1.



Мал. 15. Піранометр тэрмаэлектрычны

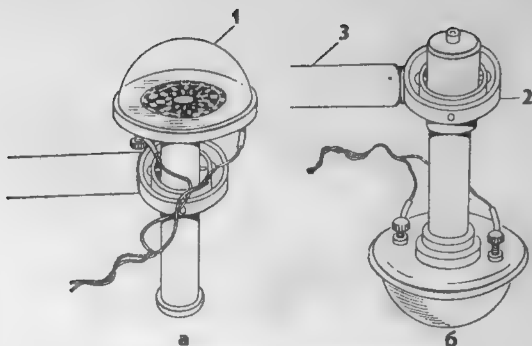
Прыёмнік піранометра засцерагаецца ад ветру і гідраметэораў паўсферычным шкляным каўпаком *2*, які адфільтроўвае і прапускае толькі караткахвалевую сонечную радыяцыю. Прыёмная частка замацавана на металічнай падстаўцы *3*.

Тэрмабатарэя ўстанаўліваецца гарызантальна пры дапамозе грунтвагі *4* і шрубаў *5*. Паміж назіраннямі і ў час вызначэння месца нуля па гальванометры прыёмная частка піранометра закрываецца накрыўкай *6*.

Рассеяную радыяцыю вымяраюць пры зацененым стане прыёмніка. Для зацянення карыстаюцца ценявым экранам *7*, які засцерагае тэрмабатарэю ад уздзеяння прамой сонечнай радыяцыі. Ценявы экран уяўляе сабой дыск дыяметрам 85 мм, які прымацаваны да прута даўжынёй 485 мм. Пры гэтым дыск бачны з цэнтра тэрмабатарэі пад вуглом 10^0. Ён закрывае частку неба вакол Сонца радыусам 5^0.

Для вымярэння адбітай радыяцыі прыёмнік піранометра перакульваецца ўніз да зямной паверхні.

Для бесперапыннай рэгістрацыі сумарнай і рассеянай радыяцыі служыць піранограф, які складаецца з піранометра, што злучаны з гальванографам або з інтэгратарам.



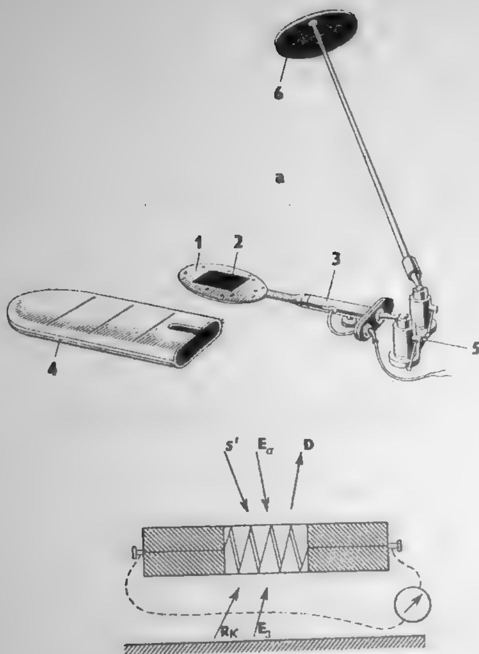
Мал. 16. Альбедаметр тэрмаэлектрычны
а - становішча ўверх; б - становішча ўніз

ТЭРМАЭЛЕКТРЫЧНЫ АЛЬБЕДАМЕТР

Альбедаметр прызначаецца для вымярэння сумарнай і адбітай ад зямной паверхні радыяцыі (мал. 16) і далейшага разліку велічыні альбеда. Альбедаметры бываюць двух тыпаў: стацыянарныя і паходныя. Яны складаюцца з прыёмніка (тэрмаэлектрычнай батарэі) ад піранометра *1* , кардана *2*, які здольны самаўраўнаважвацца, і ручкі *3*. Такая будова забяспечвае гарызантальны ўзровень прыёмнай часткі альбедаметра ў двух становішчах: прыёмнікам уверх і прыёмнікам уніз. Для здзяйснення назіранняў ручка прымацоўваецца да стрыжня. З дапамогай стрыжня альбедаметру надаецца адпаведны стан. Пры стане прыёмніка прыбора ўверх вызначаецца сумарная радыяцыя Q, а пры яго стане ўніз — адбітая радыяцыя $R_к$. Калі гэтыя велічыні вымераны, то разлічваецца альбеда А па формуле (4).

ТЭРМАЭЛЕКТРЫЧНЫ БАЛАНСАМЕР

Балансамер выкарыстоўваецца для вызначэння радыяцыйнага балансу, або астаткавай радыяцыі зямной паверхні В. Прыбор уяўляе сабой круглую плоскую аправу *1* дыяметрам 100 мм, усярэдзіне якой знаходзіцца прыёмнік у выглядзе квадратных медных пласцінак *2* (мал. 17). Вонкавыя паверхні гэтых пласцінак зачэрнены.



Мал. 17. Балансамер тэрмаэлектрычны
а - агульны выгляд; б - схема

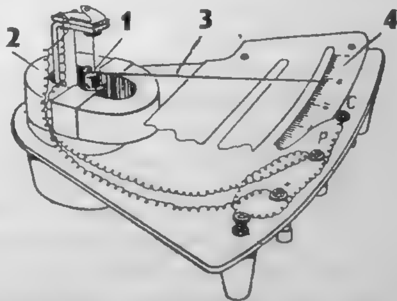
Да аправы прымацавана ручка *3*. Паміж меднымі пласцінкамі знаходзіцца 10 спецыяльных тэрмабатарэй. Кожная батарэя ўяўляе сабой медны брусок, які мае ізаляцыйнае пакрыццё. На гэтае пакрыццё намотана канстантанавая стужка. Палавіна кожнага вітка намоткі ізаляваная. А другая палавіна пасярэбраная. Усе батарэі злучаны паміж сабой паслядоўна. Правады ад першай і апошняй батарэі праз ручку балансамера выходзяць вонкі. Балансамер у нерабочым стане закрываецца накрыўкай *4*. У камплект балансамера ўваходзіць калодка з двума шарнірамі *5*. Да аднаго шарніра прышрубоўваецца балансамер, а да другога — ценявы экран *6*. Апошні патрэбны для зацянення прыбора ад прамой сонечнай радыяцыі. Балансамер устанаўліваецца строга гарызантальна і падключаецца да гальванометра або інтэгратара.

Пры вымярэнні ўдзень прыёмнік, які звернуты да нябеснага схілу, успрымае сумарную сонечную радыяцыю $Q = S^{1} + D$ і сустрэчнае выпраменьванне атмасферы $E_{а.}$ Прыёмнік, што звернуты да зямной паверхні, атрымоўвае адбітую радыяцыю R_{k} і ўласнае выпраменьванне зямной паверхні $E_{з}$.

Сумарная радыяцыя і сустрэчнае выпраменьванне атмасферы ўяўляюць сабой прыходныя састаўляючыя, а адбітая радыяцыя і ўласнае выпраменьванне зямной паверхні — расходныя састаўляючыя радыяцыйнага балансу. Днём радыяцыйны баланс дадатны, а ноччу — адмоўны. У начны час, калі сумарная радыяцыя адсутнічае, радыяцыйны баланс роўны эфектыўнаму выпраменьванню.

СТРЭЛАЧНЫ ГАЛЬВАНОМЕТР ГСА-1

Стрэлачны гальванометр актынаметрычны (ГСА-1) служыць для вымярэння слабых токаў, якія ўзнікаюць у тэрмабатарэях актынаметрычных прыбораў (мал. 18). Прынцып работы гальванометра заснаваны на ўзаемадзеянні двух магнітных палёў. Адно поле, што ствараецца ў падкавападобным магніце *2*, пастаянна дзеючае. Другое поле ўзнікае ў рамцы *1*, калі праз яе працякае тэрмаэлектрычны ток ад прыёмніка актынаметрычнага прыбора. Рамка замацавана на пругкіх расцяжках і злучана са шкляной стрэлкай *3*, якая здольна свабодна рухацца ўздоўж шкалы *4*. Пры праходжанні току праз рамку ўзнікае момант сіл, якія імкнуцца павярнуць рамку перпендыкулярна кірунку магнітных сілавых ліній. Пругкія расцяжкі перашкаджаюць павароту і імкнуцца вярнуць рамку ў зыходны стан. У выніку пры праходжанні току рамка паварочваецца толькі на нейкі вугал, прапарцыянальны току. Паварот рамкі служыць мерай сілы току. Вывады рамкі прыпаяны да клемаў, якія знаходзяцца на накрыўцы корпуса прыбора і абазначаюцца “+” і “Р”.



Мал. 18. Схема стрэлачнага гальванометра ГСА – 1

Для вымярэння тэрматоку вялікай сілы ў гальванометры маецца дадатковае супраціўленне, якое выведзена на клему "С". У гэтым выпадку прёмнік актынаметрычных прыбораў падключаецца да клемаў "+" і "С".

Для выключэння паралакса пры адліках пад шкалой ГСА-1 змяшчаецца люстэркавая палоска. Гальванометр забяспечаны карэктарам месца нуля, вярчэннем якога можна ўстанавіць стрэлку паміж дзяленнямі 0 і 20.

Для засцярогі рамкі ад абрыву пры транспарціроўцы выкарыстоўваюць шрубу-аррэцір, якая знаходзіцца ў ніжняй частцы корпуса і замыкае электрычны ланцуг гальванометра.

Цана дзялення розных гальванометраў вагаецца ад 0,5 да 1,0. Адлікі па гальванометры бяруцца ў трохкратнай паўторнасці з дакладнасцю да 0,1 дзялення. Дакладныя даныя аб супраціўленнях і шкалавыя папраўкі прыводзяцца ў праверачных пасведчаннях гальванометра.

АПРАЦОЎКА ДАНЫХ ВЫМЯРЭННЯ

Актынометры, піранометры і альбедаметры складаюць групу адносных прыбораў. Кожная пара прыбораў — прыёмнік радыяцыі + гальванометр — патрабуе параўнання з абсалютным прыборам і вывядзення пераводнага множніка.

Пад уздзеяннем сонечнай радыяцыі S стрэлка гальванометра адхіляецца на нейкую колькасць дзяленняў N, тады:

$$S = aN, \tag{12}$$

дзе a – цана дзялення гальванометра, або пераводны множнік для дадзенай пары прыбораў.

Пераводны множнік разлічваецца па формуле

$$a = \frac{\alpha(R_{пр} + R_Г)}{k}, \tag{13}$$

дзе α — цана дзялення гальванометра ў мікраамперах (10^{-6} А), $R_{пр}$ — супраціўленне тэрмабатарэі прыёмніка радыяцыі і гальванометра, у омах, k — адчувальнасць прыёмніка радыяцыі.

Велічыні α, k, $R_{пр}$ і $R_г$ прыводзяцца ў праверачных пасведчаннях прыбораў.

Актынаметрычныя назіранні запісваюцца ў кніжку КМ-12 спецыяльнай формы (дадатак 6). З трох адлікаў па гальванометры для кожнага віду радыяцыі знаходзяць сярэдняе значэнне $N_{сярэдн.}$ з дакладнасцю да дзесятага значэння дзялення шкалы. Да сярэдняга значэння ўводзіцца шкалавая папраўка з адпаведным знакам ΔN і месца нуля гальванометра N_0 са знакам мінус; запісваецца папраўлены адлік $N_{пап.}$.

Да папраўленага адліку па балансамеры ўводзіцца папраўчны множнік $Ф_п$ на скорасць ветру $V_{сярэдн.}$, які бярэцца з праверачнага пасведчання да балансамера. Гэтым самым адлік па балансамеры прыводзіцца да штылю $N_ш$.

Да адліку па актынометры акрамя шкалавой папраўкі і месца нуля ўводзіцца велічыня тэмпературнай папраўкі $\Delta N_{(t)}$ з мэтай выключэння ўплыву тэмпературы на паказанні актынометра. Тэмпературныя папраўкі разлічваюцца ў Гідраметэаралагічных цэнтрах і прыводзяцца ў праверачных пасведчаннях актынометра і гальванометра. Да паказанняў піранометраў, альбедаметраў і балансамераў тэмпературныя папраўкі не ўводзяцца. Прамая радыяцыя S', што паступае на гарызантальную паверхню, атрымліваецца шляхам памнажэння S на $\sin h$. Альбеда A_k разлічваюць з дакладнасцю да сотых доляў.

ЭЛЕКТРАЛІТЫЧНЫ ІНТЭГРАТАР Х-603

Інтэгратар служыць для непасрэднага вымярэння сум радыяцыі любога віду за пэўныя прамежкі часу. Ён уяўляе сабой вадародны лічыльнік колькасці электрычнасці ў мікраампер-гадзінах (мал.19). Інтэгратар складаецца са шкляной камеры *7*, раздзеленай на дзве часткі сітаватай шкляной перагародкай *8*.

Гэтыя часткі камеры, злучаныя трубкамі *1* і *6* і капілярамі *2* і *4*, запоўнены вадародам.

Сітаватая шкляная перагародка насычана электралітам — водным растворам сернай кіслаты. З гэтага раствору складаецца слупок вадкасці *3* у капіляры. Правы меніск гэтага слупка служыць для адліку паказанняў па шкале *5*. На сітаватай перагародцы замацаваны вялікія *9* і малыя *10* электроды. Тэрмаэлектрычны ток ад прыём-

Мал. 19. Інтэгратар электралітычны Х - 603

ніка актынаметрычнага прыбора паступае праз клему (-) і адну з клемаў з дадатковым супраціўленнем да вялікіх электродаў *9* і раскладае серную кіслату. Пры гэтым на катодзе вылучаецца вадарод, а на анодзе такая ж колькасць вадароду паглынаецца. Вылучаны вадарод рухае ў капіляры *2* і *4* слупок кіслаты *3*. Адлегласць, якую праходзіць слупок кіслаты, прапарцыянальная колькасці электрычнасці, што ўзнікае ў прыёмніку сонечнай радыяцыі. Нумар клемы або дыяпазон з дадатковым супраціўленнем выбіраецца ў залежнасці ад адчувальнасці прыёмнай часткі прыбора і прамежку часу паміж адлікамі.

Цану дзялення шкалы інтэгратара вызначаюць па формуле

$$A = 60E\Sigma R/10^5K, \tag{14}$$

дзе A — цана дзялення ў кал/см²; E — ёмістасць шкалы ў мікраампер-гадзінах; ΣR — сума супраціўлення інтэгратара і прыёмніка; K — адчувальнасць прыёмніка радыяцыі.

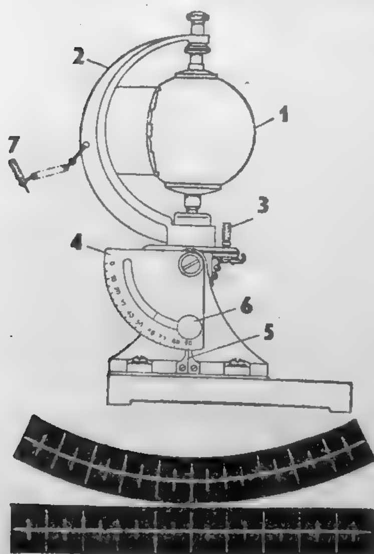
Каб вярнуць слупок *3* у пачатковае становішча, выкарыстоўваюць малыя электроды *10*, праз якія з дапамогай камутатара-тумблера прапускаецца ток ад элемента сілкавання *GB*.

ГЕЛІЁГРАФ

Геліёграфам называюць прыбор, які служыць для бесперапыннага запісу працягласці сонечнага ззяння. Працягласць сонечнага ззяння ёсць колькасць гадзін, на працягу якіх сонечны дыск не закрыты воблакамі, а прамая сонечная радыяцыя роўная або больш 0,1 кВт/м^2 (0,2 кал/см^2 · мін).

Прыёмнай часткай геліёграфа (мал. 20) з'яўляецца шкляны шар *1*, які факусіруе сонечныя промні і накіроўвае іх на папяровую стужку. Стужка ўстаўляецца ў пазы дугападобнай металічнай міскі *2* і фіксуецца іголкамі *7* праз спецыяльную адтуліну ў місцы. Сярэдняя лінія стужкі павінна супадаць з рыскай, якая знаходзіцца ўсярэдзіне міскі.

Вясной і восенню ўстаўляюць прамыя стужкі ў сярэднія пазы. Узімку і ўлетку ўстаўляюць крывыя стужкі адпаведна ў верхнія і ніжнія пазы. Сонечныя промні, праходзячы праз шкляны шар, збіраюцца ў фокусе і прапальваюць стужку. Па даўжыні прапаліны на стужцы вызначаюць працягласць сонечнага ззяння ў гадзінах.



Мал. 20. Геліёграф і стужкі да яго

Міска геліёграфа варочаецца вакол вертыкальнай восі і замацоўваецца ў неабходным становішчы з дапамогай штыфта *3*.

Даўжыня стужкі разлічана на 10 гадзін работы геліёграфа. Калі працягласць дня менш за 10 гадзін, стужка змяняецца адзін раз за суткі — пасля заходу Сонца.

У гэтым выпадку міску геліёграфа ўстанаўліваюць на поўнач і замацоўваюць штыфтам *3* у становішчы Б. Калі працягласць дня складае 10 — 18 гадзін, стужку змяняюць два разы: пасля заходу Сонца і ў сапраўдны поўдзень. У першым выпадку геліёграф паварочваецца на поўдзень літарай А, а ў другім — літарай В.

У высокіх шыротах, дзе працягласць сонечнага ззяння за суткі перавышае 18 гадзін, прыходзіцца тройчы змяняць стужкі: у 4, 12 і 20 гадзін па сярэднім сонечным часе. На стужках, якія здымаюцца з геліёграфа, акрамя даты запісваецца перыяд іх устаноўкі (4 — 12, 12 — 20, 20 — 4 гадзіны). Адпаведна перыяду ўстаноўкі стужкі міска геліёграфа фіксуецца ў становішчы А, В і Г.

Геліёграф устанаўліваецца на моцным драўляным слупе вышынёй 2м у гарызантальным становішчы. Прыбор арыентуецца па мерыдыяну. Адпаведна шыраце месца назірання ствараюць нахіл восі вярчэння міскі. Для гэтага на аснове прыбора маецца шкала шырот *4*, індэкс указальніка *5* і шруба *6* для замацавання пэўнага нахілу.

Апрацоўка стужкі геліёграфа заключаецца ў вызначэнні працягласці сонечнага ззяння за кожную гадзіну з дакладнасцю да 0,1 гадзіны. Пры гэтым улічваецца не толькі прапалены след на стужцы, але і лёгкае пацямненне на ёй.

Прыклады рашэння задач

Прыклад. Вышыня Сонца 30°. Каэфіцыент празрыстасці 0,68. Колькі прамой сонечнай радыяцыі паступае на перпендыкулярную і гарызантальную паверхні?

Рашэнне. Па формуле Бугэ (1) разлічваем прамую сонечную радыяцыю на перпендыкулярную паверхню. У дадатку 7 знаходзім аптычную масу атмасферы $m = 2$.

$$S_2 = 1{,}353 \text{ кВт/м}^2 \cdot 0{,}68^2 = 0{,}622 \text{ кВт/м}^2.$$

Колькасць прамой сонечнай радыяцыі на гарызантальную паверхню вызначаем па формуле (2). З дадатку 8 бяром $\sin 30^0 = 0{,}5$.

$$S' = 0{,}622 \text{ кВт/м}^2 \cdot 0{,}5 = 0{,}311 \text{ кВт/м}^2.$$

Прыклад. Прамая сонечная радыяцыя на перпендыкулярную паверхню складае 0,55 кВт/м². Рассеяная радыяцыя — 0,31 кВт/м². Вышыня Сонца 65°. Колькі цяпла паглынае паверхня сухога тарфяніку?

Рашэнне. Разлічваем прамую сонечную радыяцыю на гарызантальную паверхню S' па формуле (2). У дадатку 8 знаходзім $\sin 65° = 0,906$.

$$S' = 0,55 \text{ кВт/м}^2 \cdot 0,906 = 0,50 \text{ кВт/м}^2.$$

Тады паглынутую радыяцыю $B_к$ разлічваем па формуле (5). З дадатку 9 бяром альбеда A = 10 %.

$$B_к = (0,50 \text{ кВт/м}^2 + 0,30 \text{ кВт/м}^2)(1 - 0,1) = 0,7 \text{ кВт/м}^2.$$

Прыклад. Вызначыць эфектыўнае выпраменьванне паверхні вільготнага пяску, тэмпература якой 29°, а тэмпература паветра 15°С.

Рашэнне. З дадатку 10 бяром для вільготнага пяску $\delta = 0,96$. Па формуле (6) знаходзім $E_з$ і $E_а$.

$$E_з = 0,96 \cdot 5,67032 \cdot 10^{-11} \text{ кВт/(м}^2 \cdot \text{К}^4) \cdot 293^4 \text{К}.$$

У дадатку 11 знаходзім значэнне $\sigma T^4 = 0,47$ кВт/м².
Тады:

$$E_з = 0,96 \cdot 0,47 \text{ кВт/м}^2 = 0,45 \text{ кВт/м}^2;$$

$$E_а = 5,67032 \cdot 10^{-11} \text{ кВт/(м}^2 \cdot \text{К}^4) \cdot 288^4 \text{К} = 0,39 \text{ кВт/м}^2.$$

Эфектыўнае выпраменьванне $E_{эф}$ разлічваецца па формуле (7):

$$E_{эф} = 0,45 \text{ кВт/м}^2 - 0,39 \text{ кВт/м}^2 = 0,06 \text{ кВт/м}^2.$$

Прыклад. Вылічыць радыяцыйны баланс дзейнага слоя зялёнай густой травы, калі сумарная радыяцыя роўная 0,78 кВт/м², тэмпература паверхні 55°, а тэмпература паветра 20°С.

Рашэнне. Разлік вядзём па формуле (8). З дадатку 9 бяром альбеда для зялёнай травы A = 26 % = 0,26. Па формуле (6) разлічваем $E_з$ і $E_а$. Для разліку $E_з$ з дадатку 10 возьмем для густой травы δ =

0,99, а з дадатку 11 для тэмпературы 55°С σT^4 = 0,66 кВт/м². Тады $E_з$ = 0,99 · 0,66 кВт/м² = 0,65 кВт/м².

У дадатку 11 знойдзем для тэмпературы паветра 20°С $E_а$ = 0,42 кВт/м². Адкуль:

$$E_{эф} = 0{,}65 \text{ кВт/м}^2 - 0{,}42 \text{ кВт/м}^2 = 0{,}23 \text{ кВт/м}^2.$$

$$R = 0{,}78 \text{ кВт/м}^2 (1 - 0{,}26) - 0{,}23 \text{ кВт/м}^2 = 0{,}35 \text{ кВт/м}^2.$$

Задачы

1. Знайсці аптычную масу атмасферы, якую праходзяць сонечныя промні пры ўсіх вышынях Сонца, кратных 10°. Пабудаваць графік функцыі *m(h)* і растлумачыць характар гэтай залежнасці (дадатак 7).

2. Знайсці аптычную масу атмасферы, якую праходзяць сонечныя промні ў поўдзень летняга і зімовага сонцастаяння на шыротах Гомеля, Мінска і Віцебска. Як уплываюць змяненні *m* з шыратой і на працягу года на паступленне сонечнай радыяцыі да зямной паверхні (дадатак 7)?

3. Пры вышыні Сонца 35° прамая радыяцыя на перпендыкулярную паверхню складае 0,75 кВт/м², а пры вышыні Сонца 60° – 0,85 кВт/м². Як і чаму змяніліся аптычная маса і каэфіцыент празрыстасці (дадатак 7)?

4. Колькі сонечнай энергіі атрымлівае перпендыкулярная да прамяў і гарызантальная паверхні пры вышыні Сонца 25° і каэфіцыенце празрыстасці 0,76 (дадатак 8)?

5. Вылічыць прамую радыяцыю на перпендыкулярную і гарызантальную паверхні пры вышыні Сонца 60°, калі каэфіцыент празрыстасці складае 0,5; 0,6; 0,7; 0,8. Прааналізаваць залежнасць сонечнай радыяцыі ад велічыні *p*.

6. Прамая сонечная радыяцыя на перпендыкулярную паверхню пры вышыні Сонца 35° склала 0,75 кВт/м². Вылічыць прамую радыяцыю на гарызантальную паверхню (дадатак 8).

7. Вылічыць прамую радыяцыю на гарызантальную паверхню пры вышыні Сонца 40° і каэфіцыенце празрыстасці 0,74.

8. Альбеда свежаўзаранага асушанага тарфяніку складае каля 10 %, а толькі што выпаўшага снегу — каля 90 %. Як уплываюць

адрозненні альбеда на велічыню паглынутай радыяцыі і цеплавы рэжым дзейнай паверхні і прыземнага слоя паветра?

9. Прамая сонечная радыяцыя на перпендыкулярную паверхню складае 0,7 кВт/м^2, рассеяная радыяцыя 0,2 кВт/м^2. Вышыня Сонца 50°. Колькі цяпла паглынае паверхня жоўтага пяску і хваёвага лесу (дадаткі 8, 9)?

10. Якую колькасць цяпла атрымае ад Сонца 1 га зялёнай травы за 1 гадз, калі прамая сонечная радыяцыя роўная 0,9 кВт/м^2 на перпендыкулярную паверхню, ■ рассеяная радыяцыя складае 0,3 ад прамой пры вышыні Сонца 60°?

11. Колькі цяпла выпраменьвае паверхня, пакрытая травой і аголеная (чарназём), калі тэмпература травы роўная 12,0°, а аголенай глебы 10,0° С?

12. Вызначыць эфектыўнае выпраменьванне пясчанай сухой глебы, калі яе тэмпература 17°, а тэмпература паветра 10°С (дадатак 10).

13. Сярэдняя глабальная тэмпература Зямлі складае каля 15°, а экстрэмальныя яе значэнні – каля 60° і 90°С. Вылічыць уласнае выпраменьванне Зямлі пры гэтых тэмпературах і параўнаць вынікі.

14. Вылічыць радыяцыйны баланс дзейнага слоя, калі паглынутая частка прамой радыяцыі на гарызантальную паверхню складае 0,40 кВт/м^2, рассеянай радыяцыі 0,10 кВт/м^2, а сустрэчнае выпраменьванне роўна 0,25 кВт/м^2, зямное выпраменьванне – 0,30 кВт/м^2.

15. Знайсці радыяцыйны баланс дзейнага слоя, калі паглынутая частка караткахвалевай радыяцыі роўная 0,05 кВт/м^2, а эфектыўнае выпраменьванне 0,09 кВт/м^2. Які сэнс мае знак адказу?

16. Вылічыць радыяцыйны баланс дзейнага слоя, калі караткахвалевы радыяцыйны баланс роўны 0,45 кВт/м^2, а даўгахвалевы – 0,15 кВт/м^2. Ці можа $B_к$ раўняцца нулю або быць адмоўным? Ці можа $B_Д$ раўняцца нулю або быць дадатным?

17. Разлічыць радыяцыйны баланс дзейнага слоя сухой травы, калі сумарная радыяцыя роўная 0,95 кВт/м^2, тэмпература паверхні 40°, а тэмпература паветра – 27°С.

18. Вылічыць радыяцыйны баланс дзейнага слоя чыстага сухога снегу, калі сумарная радыяцыя роўная 0,25 кВт/м^2, тэмпература паверхні і паветра -40°С.

19. Вылічыць радыяцыйны баланс дзейнага слоя возера і суседняга з ім пясчанага пляжа (белы колер), калі прамая радыяцыя на

абедзве паверхні роўная 0,62 кВт/м², рассеяная радыяцыя 0,18 кВт/м², тэмпература дзейнага слоя пяску і возера адпаведна 40° і 20°С, тэмпература паветра над абедзвюма паверхнямі 25°С. Супаставіць атрыманыя вынікі.

20. Радыяцыйны баланс дзейнага слоя на метэастанцыі Шаркаўшчына 30 чэрвеня 1982 даны:

Тэрмін, гадз	1	3	5	7	9	11
B, кВт/м²	-0,05	-0,04	0,06	0,30	0,35	0,45
Тэрмін, гадз	13	15	17	19	21	23
B, кВт/м²	0,45	0,42	0,20	-0,05	-0,07	-0,07

Пабудаваць і прааналізаваць графік сутачнага ходу. Адзначыць экстрэмальныя значэнні, час іх наступлення, амплітуду хістання, працягласць перыяду з дадатнымі і адмоўнымі значэннямі, час пераходу праз нуль.

Кантрольныя пытанні

1. Што называецца сонечнай радыяцыяй?
2. Спектральны склад сонечнай радыяцыі.
3. Што называецца прамой, рассеянай, сумарнай, адбітай і паглынутай радыяцыяй?
4. Што ўяўляе сабой паняцце альбеда?
5. Што такое выпраменьванне Зямлі, атмасферы і эфектыўнае выпраменьванне?
6. Што называецца радыяцыйным балансам зямной паверхні?
7. Што разумеецца пад сонечнай пастаяннай?
8. Што ўяўляе сабой баланс караткахвалевай радыяцыі?
9. Сфармуляваць і растлумачыць закон аслаблення прамой радыяцыі (формула Бугэ).
10. Сфармуляваць закон выпраменьвання целаў – закон Стэфана-Больцмана.
11. Якія прыборы выкарыстоўваюцца для вымярэння прамой сонечнай радыяцыі? Іх будова і прынцып дзеяння.
12. Будова і прынцып дзеяння прыбораў, якія выкарыстоўваюцца для вымярэння сумарнай радыяцыі і радыяцыйнага балансу.
13. Парадак вымярэння альбеда дзейнай паверхні.
14. Будова і прынцып дзеяння прыбораў, што выкарыстоўваюцца для рэгістрацыі розных відаў радыяцыі.
15. Будова геліёграфа і яго прызначэнне.

Раздзел 5

ВЫМЯРЭННЕ ТЭМПЕРАТУРЫ

На метэаралагічных станцыях вымяраюць тэмпературу паветра, глебы, вады і снегу. Тэмпература з'яўляецца адной з асноўных характарыстык пагоды і клімату. Для вымярэння тэмпературы выкарыстоўваюць розныя тыпы тэрмометраў: вадкасныя, дэфармацыйныя, электрычныя і тэрмометры супраціўлення.

ВАДКАСНЫЯ ТЭРМОМЕТРЫ

Прынцып дзеяння вадкасных тэрмометраў заснаваны на змяненнях аб'ёму вадкасці ў залежнасці ад павышэння ці паніжэння тэмпературы. У якасці тэрмаметрычнай вадкасці звычайна скарыстоўваюць ртуць, спірт і талуол. Прызначэнне метэаралагічных тэрмометраў вызначаецца фізічнымі ўласцівасцямі тэрмаметрычных вадкасцей (табл. 6).

Т а б л і ц а 6. **Фізічныя ўласцівасці тэрмаметрычных вадкасцей**

Вадкасць	Тэмпература замярзання, °С	Тэмпература кіпення, °С	Каэфіцыент аб'ёмнага расшырэння
Ртуць	-38,9	356,9	$181 \cdot 10^{-6} {}^\circ C^{-1}$
Спірт	-117,3	78,5	$110 \cdot 10^{-5} {}^\circ C^{-1}$
Талуол	-95,0	110,6	$109 \cdot 10^{-5} {}^\circ C^{-1}$

З даных табл. 6 бачна, што для вымярэння нізкіх тэмператур мэтазгодна выкарыстоўваць спіртавыя, а для вымярэння высокіх тэмператур – ртутныя тэрмометры.

Вадкасныя тэрмометры пабудаваны наступным чынам. Шкляны рэзервуар, запоўнены тэрмаметрычнай вадкасцю, злучаны з капілярнай трубкай, свабодны канец каторай запаяны. Капіляр і шкала замацаваны ўсярэдзіне шкляной абалонкі, якая спаяна з верхняй часткай рэзервуара.

Па сваёй будове вадкасныя тэрмометры падзяляюцца на два тыпы: з устаўной шкалой і палачныя. У апошніх тэрмометрах шкала нанесена непасрэдна на вонкавым баку капілярнай трубкі.

Адлікі па ўсіх тэрмометрах робяцца з дакладнасцю да 0,1°С і адразу запісваюцца ў кнігу назіранняў. У час адлікаў па тэрмометрах вока назіральніка павінна размяшчацца на адной вышыні з канцом слупка вадкасці. Адлікі па тэрмометрах выпраўляюцца

папраўкамі, якія змяшчаюцца ў праверачных пасведчаннях (сертыфікатах), што прыкладваюцца да кожнага тэрмометра.

У метэаралогіі выкарыстоўваюцца розныя тэмпературныя шкалы. Шырокае распаўсюджанне атрымалі шкалы, каторыя прапанавалі Фарэнгейт у 1715 г., Рэамюр – у 1736 г., Цэльсій – у 1748 г., Кельвін – у 1848 г.

Градус тэмпературнай шкалы Фарэнгейта (°F) складае 1/180 інтэрвала паміж пунктамі раставання лёду і кіпення вады. Гэтым пунктам нададзены значэнні 32°F і 212°F адпаведна.

Градус тэмпературнай шкалы Рэамюра (°R) складае 1/80 інтэрвала паміж пунктамі раставання лёду і кіпення вады. Ім нададзены значэнні адпаведна 0°R і 80°R.

Градус тэмпературнай шкалы Цэльсія (°C) уяўляе 1/100 інтэрвала паміж пунктамі раставання лёду і кіпення вады, якія маюць значэнні адпаведна 0°C і 100°C.

Градус тэмпературнай шкалы Кельвіна (K) адпавядае велічыні градуса шкалы Цэльсія. Тэмпература 0 K роўная тэмпературы -273°C і характарызуе стан, пры каторым поўнасцю спыняецца цеплавы рух малекул целаў. Гэта абсалютная шкала. Па шкале Кельвіна ўсе тэмпературы дадатныя, г.зн. вышэй абсалютнага нуля.

Для пераходу ад значэнняў тэмпературы па адной шкале да значэнняў па другой маюцца наступныя формулы:

$$t^\circ F = \frac{9}{5}(^\circ C + 32); \qquad t^\circ C = \frac{5}{9}(^\circ F - 32); \qquad (1)$$

$$t^\circ R = \frac{4}{5} t^\circ C; \qquad t^\circ C = \frac{5}{4} t^\circ R; \qquad (2)$$

$$t^\circ C = K - 273; \qquad K = t^\circ C + 273. \qquad (3)$$

ТЭРМОМЕТРЫ ДЛЯ ВЫМЯРЭННЯ ТЭМПЕРАТУРЫ ГЛЕБЫ

На метэаралагічных станцыях назіранні за тэмпературай глебы ажыццяўляюцца як на яе паверхні, так і на розных глыбінях. Для гэтага выбіраюць пляцоўку памерам 4 x 6 м, якую ачышчаюць ад травянога покрыва, а глебу ўзрыхляюць.

Для вымярэння тэмпературы на паверхні глебы і снегавога покрыва выкарыстоўваюць тэрміновы, максімальны і мінімальны

тэрмометры. Тэрмометры ўстанаўліваюцца ў сярэдзіне аголенай пляцоўкі на адлегласці 5 – 6 см адзін ад другога рэзервуарамі на ўсход у наступным парадку: першы з поўначы – тэрміновы для вымярэння тэмпературы паверхні глебы і снегавога покрыва, другі – мінімальны, трэці – максімальны.

Тэрміновы і мінімальны тэрмометры трэба класці на паверхню строга гарызантальна, а максімальны – з невялікім нахілам у бок рэзервуара. Тэрмометры павінны ляжаць такім чынам, каб іх рэзервуары і вонкавая абалонка заглыбляліся напалову ў глебу.

Тэрміновы ртутны наглебавы тэрмометр служыць для вымярэння тэмпературы паверхні глебы і снегавога покрыва ў тэрміны назіранняў. Ён мае ўстаўную шкалу, цана дзялення якой 0,5°, і цыліндрычны рэзервуар (мал. 21).

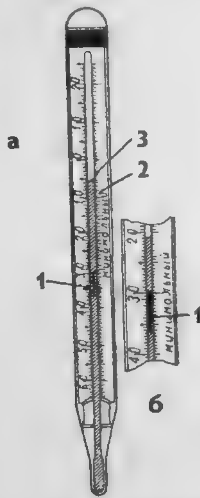
Тэрмометр спіртавы мінімальны выкарыстоўваецца для вымярэння самай нізкай тэмпературы паміж тэрмінамі назіранняў. Гэты тэрмометр мае ўстаўную шкалу з цаной дзялення 0,5° і цыліндрычны рэзервуар. Ніжняя мяжа вымярэння тэмпературы вар'іруе ад -75 да -41°С, верхняя – ад +21 да +41°С. Мінімальную тэмпературу тэрмометр захоўвае дзякуючы штыфту-ўказальніку *1*, што знаходзіцца ў капіляры *2* у спірце (мал. 22). Штыфт зроблены са шкла і на канцах мае патаўшчэнні. Пры павышэнні тэмпературы спірт, што паступае з рэзервуара ў капіляр, абцякае штыфт *1*, не зрушвае яго. Пры паніжэнні тэмпературы штыфт пасля сутыкнення з меніскам *3* слупка спірту рухаецца сумесна ў бок рэзервуара. Дасягнуўшы мінімальнай тэмпературы, меніск спірту разам са штыфтам спыняюць свой рух. Калі ж тэмпература павышаецца, меніск слупка спірту пакідае штыфт, які захоўвае самую нізкую тэмпературу. Становішча канца штыфта, які найбольш аддалены ад рэзервуара, паказвае па шкале мінімальную тэмпературу, а меніск спірту – тэмпературу ў тэрмін вымярэння. Для прывядзення ў рабочае становішча мінімальны тэрмометр накіроўваюць рэзервуарам уверх і трымаюць да таго часу, пакуль штыфт не дакранецца да меніска спірту.

Максімальны ртутны тэрмометр служыць для вымярэння самай высокай (максімальнай) тэмпературы паміж тэрмінамі назіранняў (мал. 23). Ён мае ўстаўную шкалу з цаной дзялення 0,5°, а рэзервуар – цыліндрычны або шаравы. Межамі вымярэння з'яўляюцца тэмпературы -20...-35°С і +50...+70°С. У рабочым становішчы рэзервуар максімальнага тэрмометра павінен быць трохі

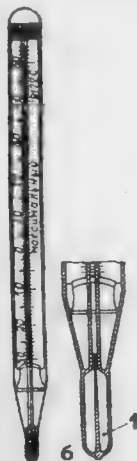
нахіленым. Паказанні максімальных значэнняў тэмпературы гэтым тэрмометрам захоўваюцца дзякуючы наяўнасці штыфта, прымацаванага ўсярэдзіне рэзервуара да яго дна *1*. Калі тэмпература павышаецца, лішак ртуці з рэзервуара выліваецца ў капіляр праз вузкую прастору паміж штыфтам і сценкамі капіляра і застаецца ў капіляры нават тады, калі тэмпература паніжаецца. Слупок ртуці, які заста-



Мал.21. Тэрміновы наглебавы тэрмометр



Мал.22. Мінімальны тэрмометр:
а – агульны выгляд; б – канструкцыя, якая захоўвае мінімальную тэмпературу



Мал. 23. Максімальны тэрмометр:
а – агульны выгляд; б – канструкцыя, якая захоўвае максімальную тэмпературу

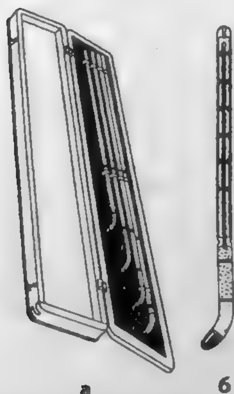
ецца ў капіляры, паказвае максімальную тэмпературу за пэўны прамежак часу. Пасля адліку паказанняў тэрмометр устрэсваюць некалькі разоў моцнымі, але павольнымі рухамі рукі. Паказанні тэрмометра пасля ўстрэсвання не павінны адрозніваца ад паказанняў тэрміновага тэрмометра. Гэтым самым падрыхтоўваюць тэрмометр да наступных назіранняў.

Глебавыя ртутныя каленчатыя тэрмометры Савінава служаць для вымярэння тэмпературы глебы на глыбінях 5, 10, 15, 20 см (мал. 24). Гэта камплект з чатырох тэрмометраў, якія маюць устаўную шкалу з цаной дзялення 0,5°. Межы вымярэння тэмпературы

ад -10 да +50°С. Рэзервуар тэрмометраў сагнуты пад вуглом 135°. Капіляр ад рэзервуара да пачатку шкалы ізаляваны тэрманепранікальным матэрыялам. Тэрмаізаляцыя памяншае ўплыў на паказанні тэрмометра слаёў глебы, якая знаходзіцца вышэй рэзервуара і забяспечвае больш дакладнае вымярэнне тэмпературы на глыбіні ўстаноўкі рэзервуара.

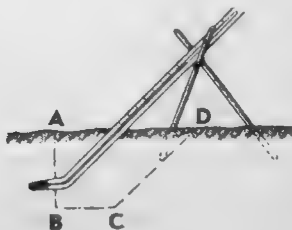
Глебавыя тэрмометры Савінава ўстанаўліваюцца сумесна з наглебавымі тэрмометрамі. Для ўстаноўкі тэрмометраў у глебе выкопваюць вузкую канаўку ў напрамку ўсход – захад. Зямлю даста-юць скібамі, захоўваючы парадак яе намнажэння. Паўночную сценку канаўкі робяць вертыкальнай. У яе ўстаўляюць рэзервуары тэрмометраў у гарызантальным становішчы па меры ўзрастання глыбіні ў паслядоўнасці з усходу на захад (мал. 25). Потым канаўку засыпаюць зямлёй у паслядоўнасці павыманых скібаў. Шкалы тэрмометраў павінны быць звернуты на поўнач, а яны самі – нахілены да паверхні глебы пад вуглом 45°.

У тэрміны адліку назіральнік становіцца з паўночнага боку і паслядоўна адлічвае паказанні, пачынаючы з тэрмометра, які ўстаноўлены на глыбіні 5 см. Назіранні па тэрмометрах Савінава праводзяць толькі ў цёплую пару года. У халодную пару тэрмометры вымаюцца з глебы.

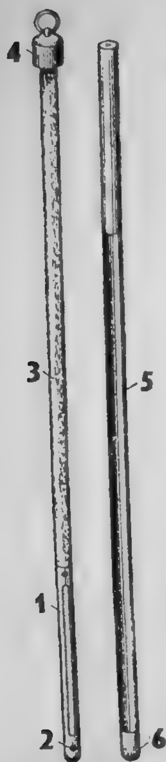


Мал. 24. Глебавыя каленчатыя тэрмометры Савінава:

а – камплект тэрмометраў; б – асобны тэрмометр



Мал. 25. Устаноўка тэрмометра Савінава



Мал. 26. Глебавы выцяжны тэрмометр

Глебавыя выцяжныя ртутныя тэрмометры служаць для вымярэння тэмпературы глебы на глыбінях 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240 і 320 см. Метэаралагічны тэрмометр, даўжынёй 360 мм, мае дыяпазон шкалы ад -20°С да +41°С з цаной дзялення 0,2°С. Гэта камплект з васьмі або пяці аднолькавых тэрмометраў. Тэрмометр устаўляецца ў пластмасавую аправу *1*, якая мае прарэз для шкалы (мал. 26). У ніжнюю частку *2* аправы, дзе знаходзіцца рэзервуар, засыпаюць медныя апілкі. Гэта патрэбна для павелічэння тэрмічнай інерцыі тэрмометра і захавання паказанняў тэмпературы ў час правядзення адлікаў. Аправа *1* разам з тэрмометрам прымацоўваецца да драўлянага шаста *3*. На супрацьлеглы канец шаста надзеты металічны каўпак *4* з кольцам. Усярэдзіне каўпака змяшчаецца лямцавая пракладка. Даўжыня шаста залежыць ад той глыбіні, на якую ўстанаўліваецца тэрмометр.

Драўляны шост *3* з прымацаваным да яго тэрмометрам у аправе *1* апускаецца ў эбанітавую трубку *5*. Ніжні канец трубкі закрыты металічным каўпаком *6*, а пасярэдзіне яе знаходзіцца кольца з трыма вушкамі для замацавання трубкі пры дапамозе расцяжак у жорсткім стане.

Для ўстаноўкі выцяжных тэрмометраў у глебе бураць шчыліну, у якую ўстаўляюць на патрэбную глыбіню эбанітавую трубку *5*. Шост *3* з тэрмометрам *1* павінен уваходзіць у трубку свабодна. На шасце ў шэрагу месцаў замацаваны лямцавыя кольцы, што перашкаджаюць абмену паветра ў трубцы.

Выцяжныя тэрмометры ўстанаўліваюцца па лініі ўсход – захад на адлегласці 50 см адзін ад аднаго на адкрытай пляцоўцы, якая мае натуральнае травяное покрыва. Тая частка трубак, якая апушчана ў зямлю, афарбоўваецца ў зялёны колер, а астатняя частка – над зямной паверхняй – у белы.

Надземная частка трубак звычайна мае даўжыню 40 см, а для мясцовасцей, дзе высокае снегавое покрыва, – 100 см.

Для захавання травянога покрыва вакол тэрмометраў у натуральным стане з паўночнага боку ад іх устанаўліваецца спецыяльная драўляная лаўка з парэнчай, якая адкідваецца на час паміж тэрмінамі назіранняў (мал. 27). У тэрмін назіранняў тэрмометры па чарзе, пачынаючы з найменшай глыбіні, дастаюць з эбанітавай трубкі за кольца і адлічваюць тэмпературу. Пасля гэтага тэрмометр апускаюць у трубку. Назіранні па тэрмометрах на глыбінях 60, 80, 120, 160, 240, 320 см праводзяць на працягу ўсяго года адзін раз у суткі ўдзень, а на глыбінях 20 і 40 см – ва ўсе тэрміны назіранняў.

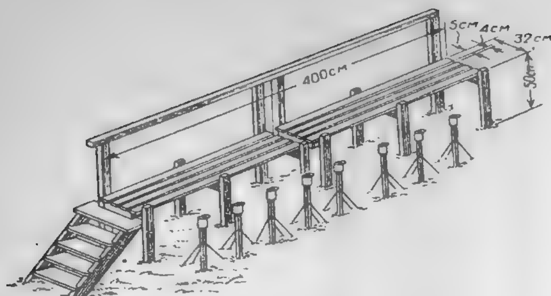
Паходны глебавы тэрмометр – шчуп прызначаецца для вымярэння тэмпературы ў ворыўным слоі глебы на глыбінях ад 3 да 40 см. Ён складаецца з тэрмометра *1* і металічнай або пластмасавай аправы *2* (мал. 28). Тэрмометр вадкасны, талуолавы, даўжынёй 580 мм. Цана дзялення шкалы 1°С, а яе межы вымярэння магчымых тэмператур 0...+60°С. Рэзервуар тэрмометра знаходзіцца ў наканечніку, які запоўнены меднымі ці латуннымі апілкамі з мэтай забеспячэння добрага цеплавога кантакту рэзервуара тэрмометра з наканечнікам.

Зверху аправы маецца ручка *3*, з дапамогай якой заглыбляюць тэрмометр у глебу. Для адліку тэмпературы ў верхняй частцы аправы зроблены падоўжаны прарэз, супраць якога знаходзіцца шкала тэрмометра. На супрацьлеглым баку аправы нанесены сантыметровыя дзяленні для вызначэння глыбіні апускання рэзервуара тэрмометра ў глебу.

У час вымярэння тэмпературы глебы спачатку бураць шчыліну, у якую апускаюць тэрмометр на патрэбную глыбіню. Пасля апускання тэрмометр вытрымліваюць у шчыліне 6 мін, потым здымаюць яго паказанні.

ТЭРМОМЕТРЫ ДЛЯ ВЫМЯРЭННЯ ТЭМПЕРАТУРЫ ПАВЕТРА

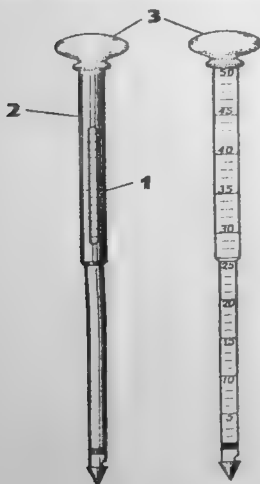
На метэаралагічных станцыях тэмпературу паветра вымяраюць пры дапамозе сухога тэрмометра, які з'яўляецца часткай псіхрометра, што ў сваю чаргу прызначаны для вымярэння вільготнасці паветра. Найбольш шырокае ўжыванне атрымалі два тыпы псіхрометраў – станцыйны і аспірацыйны. Станцыйны псіхрометр (мал. 29) устанаўліваецца ў псіхраметрычнай будцы.



Мал. 27. Устаноўка глебавых выцяжных тэрмометраў

Яго тэрмометры даўжынёй 400 мм, маюць устаўную шкалу з цаной аднаго дзялення 0,2°С. Гэтыя тэрмометры вырабляюцца з тэмпературнымі межамі вымярэння ад -31 да +50°С, або ад -35 да +41°С. Яны маюць высокую адчувальнасць і малую інерцыю.

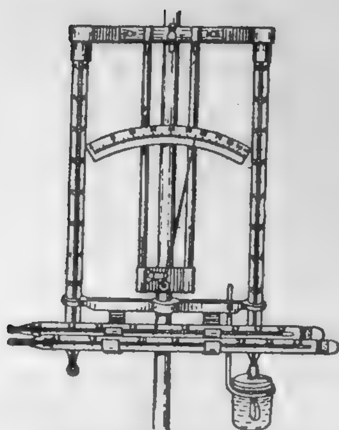
Для вымярэння тэмпературы паветра ў паходных (палявых) умовах выкарыстоўваецца сухі тэрмометр аспірацыйнага псіхрометра Асмана (мал. 30). Тэрмометр аспірацыйнага псіхрометра мае такую ж будову, што і тэрмометр станцыйнага псіхрометра, але адрозніваецца меншымі памерамі (гл. раздзел 5).



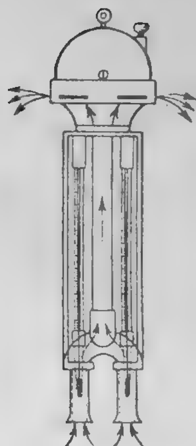
Мал. 28. Тэрмометр-шчуп

ПСІХРАМЕТРЫЧНАЯ БУДКА

Акрамя тэрміновай тэмпературы паветра вызначаюць яго экстрэмальныя тэмпературы (мінімальную і максімальную) за суткі. Для вызначэння экстрэмальных тэмператур выкарыстоўваюць мінімальны і максімальны тэрмометры, якія ўстанаўліваюцца ў псіхраметрычнай будцы ў гарызантальным становішчы сумесна са станцыйным псіхрометрам (мал. 29).

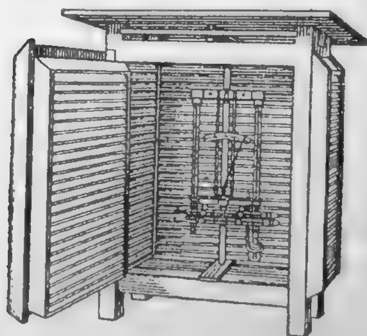


Мал. 29. Станцыйны псіхрометр

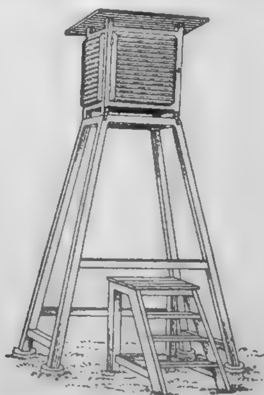


Мал. 30. Аспірацыйны псіхрометр Асмана

Псіхраметрычная будка прызначана для засцярогі тэрмометраў ад сонца, ветру і ападкаў (мал. 31, 32). Будка мае жалюзійную будову і складаецца з двух радоў нахіленых тонкіх драўляных планак. Такая будова добра забяспечвае паветраабмен у будцы з навакол-



Мал. 31. Унутраны выгляд псіхраметрычнай будкі

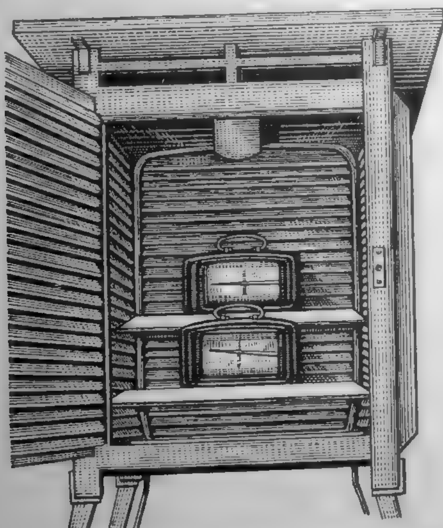


Мал. 32. Агульны выгляд

лем. Над столлю будкі для памяншэння яе награвання замацаваны дах, які мае невялікі нахіл. Унутраныя памеры будкі: вышыня 525 мм, шырыня 160 мм, глыбіня 290 мм. Унутры будкі да падлогі прымацаваны металічны штатыў, на якім устанаўліваюцца два псіхраметрычныя тэрмометры (сухі – злева, намочаны – справа). Паміж тэрмометрамі замацоўваецца валасны гігрометр. У ніжняй частцы на спецыяльным прыстасаванні мацуюцца максімальны і мінімальны тэрмометры. Каб паменшыць награванне будкі, яе фарбуюць у белы колер.

Будку замацоўваюць на металічнай стойцы такім чынам, каб рэзервуары тэрмометраў знаходзіліся на вышыні 2 м ад паверхні зямлі, а дзверцы арыентаваліся на поўнач. Каля будкі ўстанаўліваецца лесвічка, з якой назіральнік праводзіць адлікі.

У другой псіхраметрычнай будцы на метэаралагічнай пляцоўцы ўстанаўліваюцца тэрмограф і гігрограф (мал. 33). Канструкцыя гэтай будкі, яе ўстаноўка такія ж. Унутры будкі знаходзяцца дзве паліцы. На ніжнюю паліцу ўстанаўліваюць тэрмограф. Яго адчу-



Мал. 33. Тэрмограф і гігрограф, якія устаноўлены ў псіхраметрычнай будцы

вальны элемент павінен знаходзіцца на вышыні 2 м ад паверхні зямлі. На верхнюю паліцу ўстанаўліваецца гігрограф.

ТЭРМОГРАФ

Тэрмограф (самапісец тэмпературы) належыць да дэфармацыйных прыбораў. Ён прызначаецца для бесперапыннага запісу тэмпературы паветра на працягу сутак або тыдня. Адгэтуль тэрмографы бываюць сутачныя або тыднёвыя.

Адчувальным элементам тэрмографа, які рэагуе на змяненні тэмпературы паветра, з'яўляецца біметалічная пласцінка *1* (мал. 34). Яна складаецца з двух металаў, якія валодаюць рознымі каэфіцыентамі лінейнага расшырэння. У выніку гэтага біметалічная пласцінка выгінаецца прапарцыянальна змяненням тэмпературы.

Адзін канец пласцінкі замацаваны нерухома, а другі – перамяшчаецца. Перамяшчэнні свабоднага канца пласцінкі перадаюцца праз сістэму рычагоў і цяг на стрэлку *2* з пяром. Пры змяненнях тэмпературы біметалічная пласцінка дэфармуецца. Яна перамяшчае стрэлку з пяром уздоўж барабана *3* з гадзіннікавым механізмам *4*. Пяро, напоўненае спецыяльным чарнілам, дакранаецца да папяровай стужкі, якая надзяваецца на барабан *3* і замацоўваецца плоскай спружынай.

Барабан круціцца пры дапамозе гадзіннікавага механізма вакол восі, а пяро, дакранаючыся да стужкі, вычэрчвае на ёй графік, які адпавядае змяненням тэмпературы паветра.

Гадзіннікавыя механізмы бываюць двух тыпаў: сутачныя (працягласць аднаго абарота барабана 26 гадз) і тыднёвыя (працягласць аднаго абарота барабана 176 гадз). У верхняй частцы барабана прадугледжана стрэлка-рэгулятар, пры дапамозе якой можна рэгуляваць ход гадзіннікавага механізма. Стужка тэрмографа разлінеена прамымі гарызантальнымі і вертыкальнымі дугападобнымі лініямі (мал.35). Гарызантальныя лініі ўтвараюць шкалу тэмпературы з цаной аднаго дзялення 1°С. Вертыкальныя дугападобныя лініі ўтвараюць шкалу часу з цаной дзялення 15 мін для сутачнага тэрмографа і 2 гадз тыднёвага. Дакладна ў тэрміны назіранняў пры дапамозе спецыяльнай кнопкі робіцца на стужцы адзнака (засечка), якая дазваляе кантраляваць ход гадзіннікавага механізма тэрмографа. Акрамя таго, такая адзнака выкарыстоўваецца для апрацоўкі ленты з запісам

(тэрмаграмы). Па тэхнічных умовах гадзіннік тэрмографа можа працаваць у межах тэмпературы навакольнага паветра ад -35 да +45 °С.

Апрацоўка запісу тэрмографа. Тэрмаграмы апрацоўваюцца адразу пасля зняцця іх з прыбора. Папярэдне патрэбна зрабіць якасную ацэнку запісу на стужцы, удакладніць ход гадзінніка па адзнаках часу. Пасля чаго апрацоўка запісу тэрмографа праводзіцца ў наступным парадку:

1) вылучыць пры дапамозе алоўка на графіку ходу тэмпературы кожную гадзіну ў прамежках часу паміж засечкамі, зробленымі ў тэрміны назіранняў;

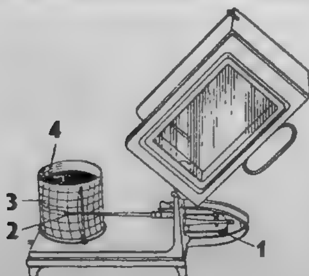
2) зняць і запісаць у табліцу штогадзінныя значэнні тэмператур, якія паказваў тэрмограф;

3) унесці ў табліцу сапраўдныя значэнні тэмпературы паветра, атрыманыя ў тэрміны назіранняў па сухім тэрмометры псіхрометра;

4) вылічыць рознасць паміж сапраўднымі значэннямі тэмпературы, атрыманымі ў тэрміны назіранняў, і паказаннямі самапісца. Гэта рознасць тэмператур з'яўляецца папраўкай да паказанняў запісу тэрмографа ў тэрміны назіранняў;

5) вызначыць папраўкі для ўсіх астатніх гадзін у прамежку паміж тэрмінамі назіранняў. Для гэтага патрэбна знайсці рознасць папраўкак двух суседніх тэрмінаў назірання і падзяліць гэтую рознасць на колькасць гадзін паміж імі з дакладнасцю да 0,01.

Атрыманае значэнне сведчыць аб велічыні сярэдняга змянення папраўкі тэрмографа за кожную гадзіну. Гэта значэнне алгебраічна прыбаўляюць да папраўкі першага тэрміну назіранняў, а потым да паправак усіх наступных гадзін. Такім чынам, знаходзім папраўкі



Мал. 34. Тэрмограф



Мал. 35. Стужка тэрмографа

для ўсіх гадзін паміж двума тэрмінамі назіранняў. Разлікі вядуцца з дакладнасцю да 0,1;

6) увесці да паказанняў тэрмографа знойдзеныя папраўкі для кожнай гадзіны з улікам знака. Атрымаюцца сапраўдныя значэнні тэмпературы паветра;

7) знайсці па графіку на стужцы самае высокае (абсалютны максімум) і самае нізкае (абсалютны мінімум) значэнні тэмпературы паветра. Паправіць гэтыя значэнні папраўкамі бліжэйшых да іх гадзін, адзначыць час наступлення экстрэмальных тэмператур, вылічыць амплітуду сутачных тэмператур і запісаць у табліцу.

ЭЛЕКТРЫЧНЫЯ ТЭРМОМЕТРЫ

У адпаведнасці з прынцыпам дзеяння электрычныя тэрмометры бываюць двух тыпаў: тэрмометры супраціўлення і тэрмаэлектрычныя тэрмометры.

ТЭРМОМЕТРЫ СУПРАЦІЎЛЕННЯ

Прынцып дзеяння тэрмометраў супраціўлення заснаваны на залежнасці электрычнага супраціўлення (праводнасці) металаў ад тэмпературы. Звычайна на метэастанцыях гэты тып тэрмометраў выкарыстоўваюць для вымярэння тэмпературы глебы. Залежнасць змянення супраціўлення металу ад яго тэмпературы вызначаецца наступным ураўненнем:

$$R_t = R_o(1 + at), \qquad (4)$$

дзе R_t – супраціўленне пры тэмпературы t°C; R_o - супраціўленне пры тэмпературы 0°C; α -тэмпературны каэфіцыент супраціўлення дадзенага металу.

З формулы (4) выводзім:

$$t = \frac{R_t - R_0}{\alpha R_0}. \qquad (5)$$

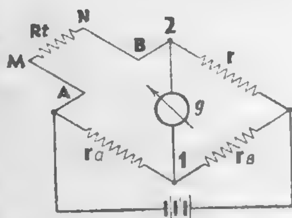
У адпаведнасці з формулай (5) вызначаецца тэмпература правадніка, калі папярэдне маецца яго супраціўленне R_t і R_o і тэмпературны каэфіцыент α. Зыходныя параметры R_t, R_o і α вызначаюцца ў лабараторных умовах.

Тэмпературны каэфіцыент характарызуе велічыню змянення супраціўлення праваднікa на адзін градус тэмпературы. Для некаторых металаў ён прыводзіцца ў табл.7.

Т а б л і ц а 7[1] . **Значэнні тэмпературнага каэфіцыента α для некаторых металаў**

Метал	α
Медзь	42,8
Нікель	27 - 62
Плаціна	35 - 38
Канстантан	ад -0,4 да +0,1
Манганін	0,02 - 0,5

Тэрмометры супраціўлення, якія выкарыстоўваюцца ў метэаралогіі, вырабляюць, як правіла, з меднага і плацінавага дроту дыяметрам 0,02 – 0,1 мм вельмі высокай чысціні. У якасці вымяральнай схемы выкарыстоўваецца схема маста Уітстана (мал.36). Тэрмометр супраціўлення ўключаецца ў ланцуг маста Уітстана, які забяспечвае вымярэнне тэмпературы (супраціўлення R_t).



Мал. 36. Схема ўключэння тэрмометра супраціўлення ў ланцуг маста Уітстана

Мост Уітстана складаецца з чатырох плеч супраціўленняў. Супраціўленні двух плеч маста r_a і r_b вядомы і маюць пастаяннае значэнне, а супраціўленне чацвёртага пляча r змяняецца ў значных межах. Пры вымярэнні тэмпературы ўстанаўліваецца раўнавага маста шляхам змянення супраціўлення r. Калі мост знаходзіцца ва ўраўнаважаным стане, рознасць патэнцыялаў у кропках 1 і 2 роўна нулю. Тады электраток праз вымяральны прыбор не працякае. У гэтым выпадку атрымаем:

$$\frac{R_t}{r_a} = \frac{r}{r_b}, \text{ адкуль } R_t = r\frac{r_a}{r_b}. \qquad (6)$$

Падставім апошняе выражэнне ў формулу(5) замест R_t.

[1] Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. Л.: Гидрометеоиздат, 1978.

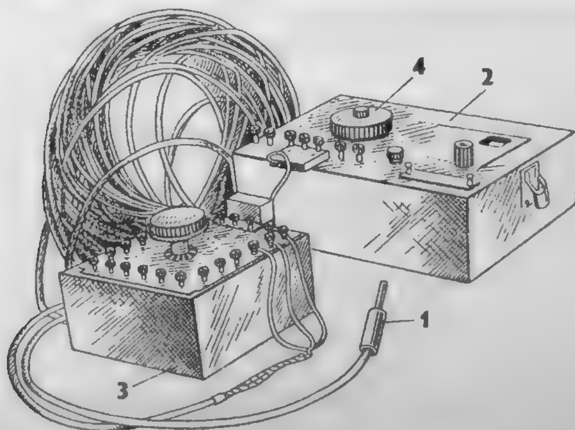
Атрымаем:

$$t = \frac{r_a r - r_b R_0}{\alpha r_b R_0}.$$

Найбольш шырокае ўжыванне ў метэаралогіі знайшлі электрычныя тэрмометры тыпу М-54-1 (мал. 37). Прыёмная частка тэрмометра змяшчаецца ў металічную аправу *1*. Пры дапамозе кабеля праз пераключальнік *3* прыёмнік злучаецца з мастом Уітстана *2*. У час правядзення назіранняў поўная раўнавага ўключаных супраціўленняў дасягаецца пры дапамозе ручкі *4*. Адначасова ў ланцуг могуць уключацца шэсць тэрмометраў.

ТЭРМАЭЛЕКТРЫЧНЫЯ ТЭРМОМЕТРЫ

У метэаралогіі тэрмаэлектрычныя тэрмометры часцей за ўсё выкарыстоўваюцца для вымярэння градыентаў тэмпературы глебы, паветра і вады. У якасці прыёмніка (пераўтваральніка тэмпературы) служаць тэрмапары, якія ўяўляюць сабой спаі двух металічных ці паўправадніковых палосак, што атрымоўваюць тэрмаэлектрычныя ўласцівасці. У месцы спаю дзвюх палосак узнікае электраруха-



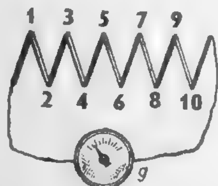
Мал. 37. Вонкавы выгляд тэрмометра супраціўлення

ючая сіла (ЭРС). Калі тэмпературы спаяў аднолькавыя, то іх электрарухаючыя сілы роўныя паміж сабой. Тэрмаэлектрычны ток у такім ланцугу адсутнічае. Калі ж тэмпература ў месцах злучэння палосак розная, то ў ланцугу ўзнікае тэрматок. Залежнасць велічыні ЭРС, якая ўзнікае ў тэрмапары, ад рознасці тэмпературы спаяў выражаецца формулай:

$$E=\varepsilon\,(t_1-t_2), \qquad (8)$$

дзе ε – электрарухаючая сіла тэрмаэлемента, якая адпавядае рознасці тэмператур паміж спаямі ў 1°C.

Звычайна злучаюць паслядоўна і выкарыстоўваюць некалькі тэрмаэлементаў, якія ў спалучэнні носяць назву тэрмабатарэі (мал. 38). У тэрмабатарэях цотныя і няцотныя спаі раздзяляюць такім чынам, каб яны мелі розную тэмпературу. Для рэгістрацыі тэмпературы, якая адпавядае велічыні ЭРС тэрмапар, выкарыстоўваюць гальванометры, аўтаматычныя патэнцыяметры, высокаадчувальныя рэгістратары, а таксама рэгістратары з папярэднім узмацненнем.



Мал. 38. Схема тэрмабатарэі

Задачы

1. Па сярэдніх месячных значэннях тэмператур паверхні агаленай глебы і занятай травяным покрывам пабудаваць графік гадавога ходу тэмпературы (табл. 8). Для гэтага ў вызначаным маштабе на гарызантальнай восі адкладваюць адзінкі часу, а на вертыкальнай – велічыні тэмпературы ў °С.

Т а б л і ц а 8. **Сярэдняя месячная тэмпература глебы, °С.**

Паверхня	I	II	III	IY	Y	YI	YII	YIII	IX	X	XI	XII
Травяное покрыва	-4,3	-4,5	-3,5	4,4	13,5	18,2	19,7	15,4	8,6	5,9	1,8	-4,3
Аголеная глеба	-7,5	-7,9	-6,0	5,2	14,9	21,8	22,2	16,3	9,3	4,4	-3,4	-7,1

Вызначыць і параўнаць сярэднегадавую тэмпературу і амплітуду тэмпературы.

2. Пабудаваць графік гадавога ходу тэмпературы глебы на розных глыбінях па даных адной з метэаралагічных станцый (дадатак 12). Вызначыць велічыню гадавой амплітуды, месяц наступлення і час (у сутках) спазнення максімуму і мінімуму для кожнай глыбіні.

3. Пабудаваць тэрмаізаплёты глебы праз 2° па даных адной з метэаралагічных станцый (дадатак 12). Вызначыць максімальную і мінімальную тэмпературу на глыбінях 0,4, 1,6, 3,2 м, час (у сутках) спазнення максімуму і мінімуму з глыбінёй.

4. Пабудаваць і прааналізаваць графік вертыкальнага размеркавання тэмпературы ў розныя тэрміны назіранняў па даных адной з метэаралагічных станцый (дадатак 13). Ахарактарызаваць кожны профіль; адзначыць прычыны, якія вызначаюць від гэтых профіляў; вызначыць вертыкальны градыент тэмпературы (у °/см) асобна для кожнага 5-сантыметровага слоя і сярэдні для слоя 0 – 20 см; адзначыць характар і прычыны змянення градыента тэмпературы з глыбінёй; вызначыць напрамак пераносу цяпла ў кожным 5-сантыметровым слоі ў розныя тэрміны.

5. Пабудаваць графік гадавога ходу сярэдняй месячнай тэмпературы паветра, сярэдняга максімуму і сярэдняга мінімуму тэмпературы паветра па даных адной з метэаралагічных станцый (дадатак 14). Прааналізаваць графікі.

6. Пабудаваць графік гадавога ходу сярэдняй месячнай тэмпературы паветра, абсалютнага максімуму і абсалютнага мінімуму тэмпературы паветра па даных адной з метэаралагічных станцый (дадатак 14). Прааналізаваць графікі, вылічыць і параўнаць амплітуды.

7. Пабудаваць графік гадавога ходу тэмпературы паветра для станцый, размешчаных на розных шыротах, па даных, прыведзеных у дадатку 15. Прааналізаваць графікі і параўнаць амплітуды. Які тып клімату яны характарызуюць?

Кантрольныя пытанні

1. Якія тыпы тэрмометраў выкарыстоўваюцца ў метэаралогіі?

2. Будова вадкасных тэрмометраў.

3. Тэмпературныя шкалы. Пераход ад тэмпературы адной шкалы да другой.

4. Якія існуюць наглебавыя тэрмометры? Іх будова.

5. Глебавыя тэрмометры і іх будова.

6. Тэрмометры для вымярэння тэмпературы паветра.

7. Назначэнне і ўстаноўка псіхраметрычнай будкі.
8. Будова і работа тэрмографа.
9. Парадак апрацоўкі ленты тэрмографа.
10. Прынцып дзеяння электрычных тэрмометраў.
11. Будова і работа тэрмаэлектрычных тэрмометраў.

Раздзел 6

ВІЛЬГОТНАСЦЬ ПАВЕТРА

АСНОЎНЫЯ ХАРАКТАРЫСТЫКІ ВІЛЬГОТНАСЦІ ПАВЕТРА І МЕТАДЫ ЯЕ ВЫМЯРЭННЯ

Пад вільготнасцю паветра (вільгацеўтрыманнем) разумеецца ўтрыманне вадзяной пары ў паветры. У атмасферным паветры заўсёды ўтрымліваецца вадзяная пара. Яна паступае ў атмасферу ў выніку выпарэння з паверхні Сусветнага акіяна, мораў, рэк, азёр, з ледзянога і снегавога покрыва, глебы, раслиннасці і г.д. Утрыманне вадзяной пары ў паветры можа змяняцца ў межах ад 0 да 4% у аб'ёме і залежыць ад тэмпературы і выпарэння.

Утрыманне вадзяной пары ў паветры характарызуецца наступнымі велічынямі: абсалютнай, удзельнай і адноснай вільготнасцю, пругкасцю вадзяной пары, пунктам расы, дэфіцытам вільготнасці і г.д.

Абсалютная вільготнасць q, або шчыльнасць вадзяной пары, – колькасць вадзяной пары ў грамах, якая ўтрымліваецца ў адным кубічным метры паветра пры дадзенай тэмпературы (г/ м^3).

Пругкасць вадзяной пары e, або парцыяльны ціск вадзяной пары паветра, – паказвае, які ціск аказвае вадзяная пара адпаведна сваёй масе. Яна выражаецца ў гектапаскалях (гПа), мілібарах (мб) ці ў міліметрах ртутнага слупа (мм рт. сл.).

Паміж абсалютнай вільготнасцю (г/м^3) і пругкасцю вадзяной пары паветра (гПа) існуюць наступныя суадносіны :

$$q = 217\frac{e}{T}, \qquad \text{ці} \qquad q = \frac{0{,}8e}{1+\alpha t}, \qquad (1)$$

дзе T і t – температура вадзяной пары (паветра) ў К і °С адпаведна; α – тэмпературны каэфіцыент аб'ёмнага расшырэння газаў, роўны 1/273, ці 0,004.

Пругкасць насычэння Е – максімальна магчымая пругкасць вадзяной пары пры дадзенай тэмпературы (гПа, мб, мм рт. сл.). Пры дасягненні пругкасці вадзяной пары e стану пругкасці насычэння E пачынаецца працэс кандэнсацыі.

Адносная вільготнасць паветра f – адносіны пругкасці вадзяной пары e, што ўтрымліваецца ў паветры, да пругкасці насычэння E пры дадзенай тэмпературы, выражаныя ў працэнтах:

$$f = \frac{e}{E} \cdot 100\%. \qquad (2)$$

Удзельная вільготнасць s – маса вадзяной пары, якая ўтрымліваецца ў адным кілаграме вільготнага паветра, інакш кажучы, адносіны шчыльнасці вадзяной пары q да шчыльнасці вільготнага паветра ρ (г/кг):

$$S = \frac{q}{\rho} = \frac{622e}{p - 0{,}378e}, \qquad (3)$$

дзе p – ціск атмасферы.

Дэфіцыт пругкасці d вадзяной пары (вільготнасці), або недахоп насычэння, – рознасць паміж максімальна магчымай пругкасцю вадзяной пары E пры дадзенай тэмпературы і пругкасц вадзяной пары e, што знаходзіцца ў паветры :

$$d=E-e. \qquad (4)$$

Адносіны сумесі r – адносіны масы вадзяной пары, якая ўтрымліваецца ў аб'ёме вільготнага паветра, да масы сухога паветра ў тым жа аб'ёме (г/кг) :

$$r = \frac{622e}{p - e}. \qquad (5)$$

Пункт расы t_d – тэмпература, пры якой вадзяная пара, што знаходзіцца ў паветры, дасягае стану насычэння.

На метэаралагічных станцыях у час назіранняў вызначаюць перш за ўсё парцыяльны ціск вадзяной пары e, адносную вільготнасць паветра f, пункт расы t_d і дэфіцыт вільготнасці d.

Найбольш распаўсюджанымі метадамі вымярэння вільготнасці паветра з'яўляецца псіхраметрычны і гіграметрычны. Існуюць і другія метады: па пункту расы, электралітычны, кулонаметрычны, дыфузійны, сарбцыйны і інш.

ПСІХРАМЕТРЫЧНЫ МЕТАД

Псіхраметрычны метад вымярэння вільготнасці паветра на метэаралагічных станцыях з'яўляецца асноўным. Прыборы, якія выкарыстоўваюцца пры вымярэнні вільготнасці паветра псіхраметрычным метадам, называюцца псіхрометрамі. Яны складаюцца з двух аднолькавых тэрмометраў. Адзін з псіхраметрычных тэрмометраў служыць для вызначэння тэмпературы навакольнага паветра. Гэты тэрмометр называюць "сухім". Другі тэрмометр псіхрометра паказвае тэмпературу ўласнага рэзервуара, які абгорнуты батыстам і падтрымліваецца ва ўвільготненым стане. Ён называецца "намочаным" тэрмометрам. З паверхні рэзервуара намочанага тэрмометра адбываецца выпарэнне вільгаці, на якое затрачваецца цяпло. Такім чынам, тэмпература намочанага тэрмометра залежыць ад інтэнсіўнасці выпарэння, якое, у сваю чаргу, вызначаецца дэфіцытам вільготнасці паветра. Чым большы дэфіцыт вільготнасці, тым мацней будзе працякаць выпарэнне, а значыць, тым менш будуць паказанні намочанага тэрмометра.

У адпаведнасці з законам Дальтона колькасць вады V, якая выпарылася з паверхні плошчай S, прама прапарцыянальна дэфіцыту вільготнасці E-e, пры тэмпературы выпаральнай паверхні t' і адваротна прапарцыянальна атмасферному ціску p :

$$V = \frac{cS(E-e)}{p}, \qquad (6)$$

дзе c – каэфіцыент прапарцыянальнасці, які залежыць ад скорасці руху паветра адносна выпаральнай паверхні; E - максімальная пруг-

касць вадзяной пары пры тэмпературы выпаральнай паверхні; *e* – фактычная пругкасць вадзяной пары ў паветры.

Расход цяпла Q_1 на выпарэнне масы вады *V* будзе роўны

$$Q_1 = \frac{cSL(E-e)}{p}, \qquad (7)$$

дзе *L* – цеплыня параўтварэння вады.

Пры памяншэнні тэмпературы намочанага тэрмометра адносна навакольнага паветра, дзякуючы цеплаабмену з паветра да рэзервуара пачне паступаць цяпло Q_2, колькасць якога вызначаецца формулай

$$Q_2 = hS(t-t'), \qquad (8)$$

дзе *h* – каэфіцыент прапарцыянальнасці; *t* і *t'* – адпаведна тэмпература паветра па сухім і намочаным тэрмометрах.

Пры ўстойлівым працэсе расход цяпла на выпарэнне з рэзервуара намочанага тэрмометра Q_1будзе роўны прытоку цяпла да яго з навакольнага паветра: $Q_1 = Q_2$, гэта значыць, што

$$\frac{cSL(E-e)}{p} = hS(t-t'), \qquad (9)$$

З ураўнення (9) вызначаем фактычную пругкасць вадзяной пары *e*:

$$e = E - \frac{h}{Lc}(t-t')p. \qquad (10)$$

Калі замяніць $\frac{h}{Lc}$ праз *A*, тады атрымаем канчатковую формулу:

$$e = E - A(t-t')p. \qquad (11)$$

Гэта выражэнне называецца асноўнай псіхраметрычнай формулай, а каэфіцыент *A* псіхраметрычным. Псіхраметрычны каэфіцыент залежыць ад скорасці руху паветра адносна выпаральнай паверхні. З павелічэннем скорасці каэфіцыент памяншаецца.

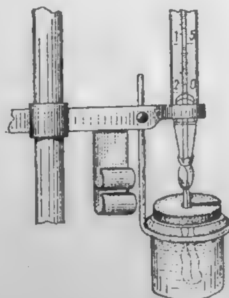
Для вымярэння вільготнасці паветра выкарыстоўваюцца два тыпы псіхрометраў: станцыйны і аспірацыйны.

Станцыйны псіхрометр складаецца з двух аднолькавых тэрмометраў з цаной дзялення 0,2°, устаноўленых вертыкальна на штатыве ў псіхраметрычнай будцы (мал. 29,31), і шклянкі для дыстыляванай вады (мал.39). Левы тэрмометр – "сухі", прызначаны для вымярэння тэмпературы паветра, а правы – "намочаны", служыць для вымярэння тэмпературы ўласнага рэзервуара. Рэзервуар правага тэрмометра абкручаны кавалачкам батысту, канец якога апушчаны ў шклянку з дыстыляванай вадой. Шклянка зачыняецца вечкам, у сярэдзіне якога маецца прарэз для батысту. Пры дапамозе батысту забяспечваецца капілярнае паступленне вады да паверхні рэзервуара і бесперапыннае яго падтрымліванне ў вільготным стане.

Батыст павінен шчыльна прылягаць да паверхні рэзервуара тэрмометра і накрываць яго толькі ў адзін слой. Патрэбна сачыць за тым, каб батыст заўжды быў чыстым і вільготным. Для гэтага батыст змяняюць два разы ў месяц.

Вымярэнні па станцыйным псіхрометры. Адлікі па псіхраметрычных тэрмометрах робяцца як мага хутчэй, каб не адбыўся ўплыў назіральніка на паказанні. Спачатку адлічваюцца і запісваюцца дзесятыя долі, а потым цэлыя градусы.

Надзейныя даныя для вызначэння вільготнасці паветра можна атрымаць пры тэмпературах не ніжэй –10°С. Пры вызначэнні вільготнасці па псіхрометры пры адмоўных тэмпературах батыст намочанага тэрмометра абрэзваюць на канцы рэзервуара, а шклянку з вадой прымаюць з будкі. За паўгадзіны да назірання шклянку з дыстыляванай вадой прыносяць у псіхраметрычную будку і апускаюць рэзервуар намочанага тэрмометра ў ваду. Пасля гэтага шклянку прымаюць, будку зачыняюць і праз 30 мін робяць адлік.



Мал. 39. Псіхраметрычная шклянка з дыстыляванай вадой

Пры адмоўных тэмпературах вада на батысце можа знаходзіцца ў цвёрдым (лед), або ў вадкім стане. Пры тэмпературы ніжэй 0° С

вельмі важна ўлічваць агрэгатны стан вады на рэзервуары намочанага тэрмометра. Гэта неабходна ведаць для вылічэння вільготнасці, таму што максімальная пругкасць вадзяной пары пры адной і той жа тэмпературы над лёдам менш, чым над пераахаладжанай вадой (дадатак 16,17). Таму пасля адліку неабходна дакрануцца да батысту алоўкам, на канцы якога маецца кавалачак лёду ці снегу, і сачыць за змяненнямі паказанняў намочанага тэрмометра. Калі ў момант дакранання слупок ртуці павялічыўся, то на батысце была вада, якая ператварылася ў лёд. Ператварэнне вады ў лёд суправаджаецца вылучэннем скрытай цеплаты, за кошт якой павялічваюцца паказанні тэрмометра. Калі ж пры дакрананні да батысту паказанні тэрмометра не змяняюцца, значыць, на рэзервуары быў лёд і змяненне агрэгатнага стану не адбываецца.

Вылічэнне вільготнасці паветра. Па даных сухога і намочанага тэрмометраў псіхрометра пры дапамозе псіхраметрычных табліц вызначаюць галоўныя характарыстыкі вільготнасці паветра ў тэрмін назіранняў: пругкасць вадзяной пары *e*, адносную вільготнасць *f*, пункт расы t_d і дэфіцыт вільготнасці *d*. Псіхраметрычныя табліцы складаюцца па формулах (2), (4), (11).

Псіхраметрычны каэфіцыент для станцыйнага псіхрометра, устаноўленага ў будцы, прыняты роўным А=0,0007947.

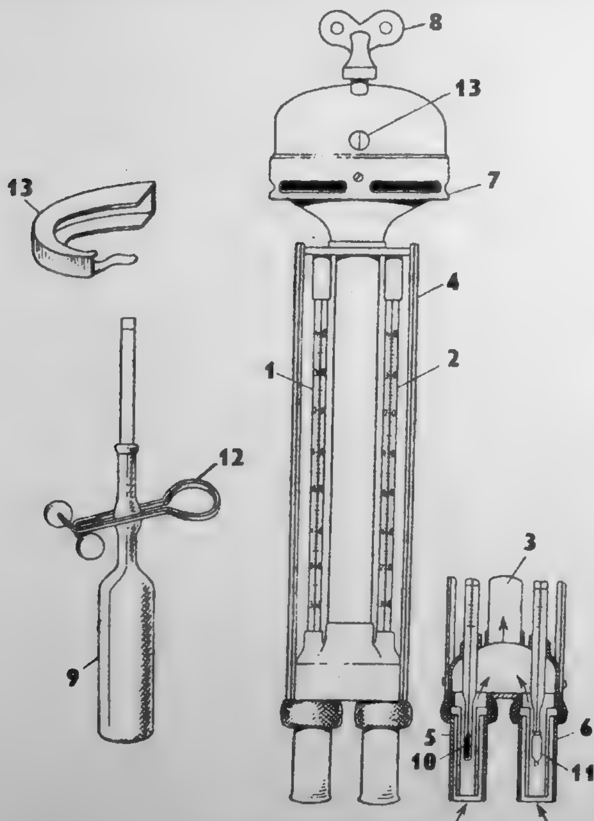
Псіхраметрычная табліца ўяўляе сабой гатовыя значэнні t_d, *e*, *f* і *d* пры розных спалучэннях *t* і *t'* пры пастаяннай велічыні *A* і атмасферным ціску 1000 гПа. Калі ціск паветра больш або менш 1000 гПа, да характарыстык вільготнасці ўводзяцца папраўкі. Папраўкі вылічаны і прыведзены ў псіхраметрычных табліцах 3а, 3б, 3в. Папраўкі да пругкасці вадзяной пары Δe вызначаюць па вымераным атмасферным ціску ў залежнасці ад значэнняў *(t - t')* і фазы вады на батысце. Пры атмасферным ціску менш 1000 гПа папраўка дадатная, а пры ціску больш 1000 гПа яе ўводзяць са знакам мінус.

Аспірацыйны псіхрометр Асмана. Фізічны прынцып дзеяння аспірацыйнага тэрмометра такі ж, як і станцыйнага. Адрозненні заключаюцца ў тым, што гэты псіхрометр мае аспірацыйнае прыстасаванне, якое забяспечвае штучную вентыляцыю рэзервуараў тэрмометраў з пастаяннай хуткасцю руху паветра 2 м/с. Выпрабляюць псіхрометры двух тыпаў: з аспіратарам, які мае спружынны механізм, і электрарухавіком.

Аспірацыйны псіхрометр (мал. 40) складаецца з двух спецыяльных тэрмометраў *1,2* з цаной дзялення 0,2°. Гэтыя тэрмометры

маюць меншы памер, чым тэрмометры станцыйнага псіхрометра. Яны замацаваны ў металічную аправу. Аправа складаецца з трубкі *3*, якая знаходзіцца паміж тэрмометрамі, і планачнай засцярогі *4*.

Трубка ўнізе раздвойваецца на два пластмасавыя наканечнікі, да якіх прымацаваны яшчэ дзве, але ўжо падвойныя трубкі *5* і *6*. Яны выконваюць ролю засцярогі рэзервуара тэрмометраў. Да верхняга канца трубкі *3* прышрубаваны аспіратар 7, што прапампоўвае вонкавае паветра праз трубкі *5* і *6*, у якіх знаходзяцца рэзервуары тэрмометраў *10, 11,* і стварае вентыляцыю.



Мал. 40. Аспірацыйны псіхрометр

Аспіратар утрымлівае спружынны механізм, які заводзіцца ключом *8*. Рэзервуар правага тэрмометра абкручваецца батыстам і намочваецца. Усе металічныя часткі аспірацыйнага псіхрометра паліраваны і нікеліраваны, дзякуючы чаму яго паверхня добра адбівае сонечныя промні і тым самым выключае празмернае награванне прыбора. Таму для ўстаноўкі псіхрометра не патрабуецца ніякай дадатковай засцярогі. Аспірацыйныя псіхрометры выкарыстоўваюцца не толькі на метэаралагічных станцыях, але і пры правядзенні спецыяльных мікракліматычных даследаванняў і градыентных назіранняў.

Вымярэнні па аспірацыйным псіхрометры. Псіхрометр падвешваюць на слупок на патрэбную вышыню ўзімку за 20 мін, а ўлетку за 15 мін да тэрміну адліку. Яго арыенціроўка павінна быць такой, каб прамыя сонечныя промні падалі на адну з засцярог *4*, а тэрмометры *1* і *2* знаходзіліся ў цяні. Намочваюць батыст правага тэрмометра пры дапамозе гумавай грушападобнай піпеткі *9* узімку за 30 мін, а ўлетку за 4 мін да моманту адліку.

Піпетку напаўняюць дыстыляванай вадой, потым злёгку націскаюць на грушу і выводзяць ваду не бліжэй чым адзін сантыметр ад канца піпеткі, фіксуючы гэты стан пры дапамозе заціскачкі *12*. Потым уводзяць піпетку ў трубку 6, дзе знаходзіцца рэзервуар, абкручаны батыстам. Пасля гэтага адкрываюць заціскачкі *12*. Потым уводзяць піпетку ў трубку 6, дзе знаходзіцца рэзервуар, абкручаны батыстам. Пасля гэтага адкрываюць заціскачку (лішняя вада пры гэтым вяртаецца назад у грушу) і вымаюць піпетку з трубкі псіхрометра.

Пасля намочвання тэрмометра ключом *8* заводзяць спружынны механізм аспіратара, які ў момант адліку павінен працаваць з усёй сілай. Таму ўзімку за 4 мін да пачатку адліку неабходна другі раз завесці аспіратар.

У момант правядзення назіранняў спачатку адлічваюць дзесятыя долі градуса па сухім і намочаным тэрмометрах, запісваюць вынікі, а пасля адлічваюць і запісваюць цэлыя градусы. У час адліку назіральнік павінен стаяць так, каб вецер дзьмуў у напрамку ад прыбора да назіральніка. Пры значнай скорасці ветру (больш 3 м/с) на аспіратар надзяваюць з наветранага боку засцярогу *13*.

Вылічэнне вільготнасці паветра па аспірацыйным псіхрометры. Скорасць аспірацыі ў намочанага тэрмометра ў аспірацыйным псіхрометры заўсёды большая, чым скорасць абцякання

паветрам у намочанага тэрмометра станцыйнага псіхрометра. Таму каэфіцыент аспірацыйнага псіхрометра A = 0,000662. Тады псіхраметрычная формула для вылічэння вільготнасці атрымоўвае выгляд

$$e=E-0{,}000662\,A\,p(t-t'). \qquad (12)$$

Гэтай формулай карыстаюцца рэдка. Характарыстыкі вільготнасці паветра па даных аспірацыйнага псіхрометра вызначаюць пры дапамозе псіхраметрычных табліц. Аднак пры вызначэнні папраўкі на ціск карыстаюцца табліцамі 4а, 4б, 4в, разлічанымі для аспірацыйнага псіхрометра.

ГІГРОМЕТРЫ

На метэаралагічных станцыях выкарыстоўваюцца два тыпы гігрометраў: валосныя і плёначныя.

Валосны гігрометр (мал.41) прызначаны для непасрэднага вымярэння адноснай вільготнасці паветра. Прыёмнай часткай гігрометра з'яўляюцца абястлушчаныя чалавечыя валасы, што валодаюць здольнасцю змяняць сваю даўжыню пад уплывам змяненняў адноснай вільготнасці. Падаўжэнне валасоў пры змяненнях вільготнасці паветра ад 0 да 100% складае 2,5% іх даўжыні. Пры памяншэнні адноснай вільготнасці валасы ўкарочваюцца, а пры павелічэнні падаўжаюцца.

Волас *1*, што ўспрымае хістанні адноснай вільготнасці, замацаваны ў металічнай рамцы *2*. Верхні канец воласа прымацаваны да рэгуліровачнай шрубы *3*, пры дапамозе якой надаецца неабходная напятасць воласу. Яго ніжні канец злучаны з кулачком *4*, асаджаным на шпень *5*, на канцы якога маецца грузік *6*. Шпень *5* уваходзіць у адтуліны восі *8* вярчэння стрэлкі *7* і замацоўваецца шрубай *10*. Вось *8* устаноўлена ў кранштэйне ў ніжняй частцы рамкі *2*. Такая будова забяспечвае вярчэнне стрэлкі *7* на восі *8* пад уздзеяннем змяненняў даўжыні воласа *1* і грузіка *6* уздоўж шкалы *9*.

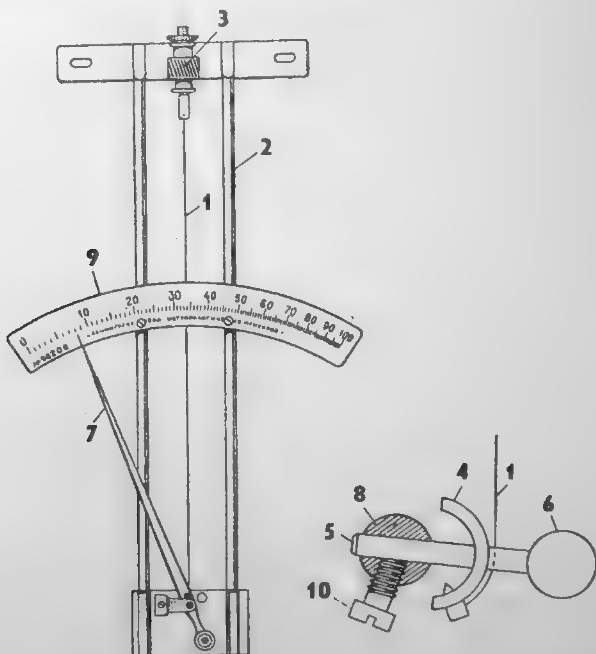
Перасоўваючы шпень *5* з грузікам *6* па восі *8*, можна змяняць адчувальнасць гігрометра і ўстанаўліваць стрэлку *7* на патрэбнае дзяленне шкалы.

На шкалу *9* нанесены 100 дзяленняў ад 0 да 100%. Цана дзялення шкалы адпавядае 1 % адноснай вільготнасці. Дзяленні па шкале нанесены нераўнамерна, што абумоўлена адпаведнымі

змяненнямі даўжыні воласа. У пачатку шкалы дзяленні буйныя, таму што даўжыня воласа хутчэй за ўсё змяняецца пры малых значэннях вільготнасці і паволі пры вялікіх яе значэннях.

Калі адносная вільготнасць павялічваецца, то волас падаўжаецца, а стрэлка пад уздзеяннем грузіка *6* паварочваецца ўправа, калі ж вільготнасць памяншаецца, волас укарочваецца і паварочвае стрэлку ўлева.

Валосны гігрометр устанаўліваецца ў псіхраметрычнай будцы сумесна са станцыйным псіхрометрам (мал. 29,31). Адлікі па гігрометры робяць з дакладнасцю да 1 % яго шкалы непасрэдна пасля адліку па псіхрометры. Гігрометры могуць працаваць пры тэмпературы навакольнага паветра ад -50 да +53°C.



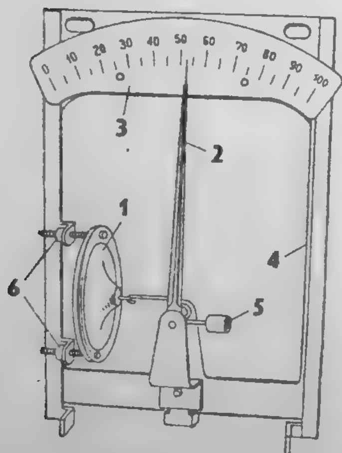
Мал. 41. Валосны гігрометр

Плёначны гігрометр (мал. 42) прызначаны для вымярэння адноснай вільготнасці паветра. Дзеянне прыбора заснавана на ўласцівасцях гіграскапічнай арганічнай плёнкі змяняць свае лінейныя памеры ў залежнасці ад змяненняў адноснай вільготнасці паветра.

Прыбор складаецца з адчувальнага элемента вільготнасці *1*, перадатачнага механізма, стрэлкі *2*, шкалы *3* і металічнай рамкі *4*, на якой замацоўваюцца асобныя дэталі гігрометра.

Дэфармацыя плёнкі пры дапамозе перадатачнага механізма пераўтвараецца ў перамяшчэнне стрэлкі адносна шкалы прыбора. Неабходнае нацяжэнне плёнкі забяспечваецца спецыяльным грузам *5*. Шкала плёначнага гігрометра ў адрозненне ад валоснага градуіравана раўнамерна. Устаноўка стрэлкі на нулявое дзяленне ажыццяўляецца кручэннем шрубаў *6*, якімі прымацаваны адчувальны элемент да рамкі прыбора. Гігрометр канструктыўна прыстасаваны да работы пры тэмпературах навакольнага паветра ад –60 да +35⁰C. Ён найбольш устойліва працуе ў кліматычных умовах з нізкімі тэмпературамі і высокай адноснай вільготнасцю.

Папраўкі гігрометраў. Гігрометры з'яўляюцца адноснымі прыборамі. Аднак узімку, калі тэмпература паветра паніжаецца ніжэй -10⁰C, яны выкарыстоўваюцца ў якасці асноўных прыбораў, па якіх вызначаюць вільготнасць паветра. З цягам часу гігрометры губляюць адчувальнасць. Гэта тлумачыцца тым, што волас паступова выцягваецца і забруджваецца, а плёнка высыхае. Улічваючы гэта, гігрометры правяраюць шляхам параўнання іх паказанняў з паказаннямі псіхрометраў, атрыманых адначасова на працягу 1 – 1,5 мес да пачатку ўстойлівых марозаў. Атрыманыя даныя наносяць на каардынатную сетку: на восі абсцыс значэнні вільготнасці, атрыманыя па гігрометры, а на восі ар-



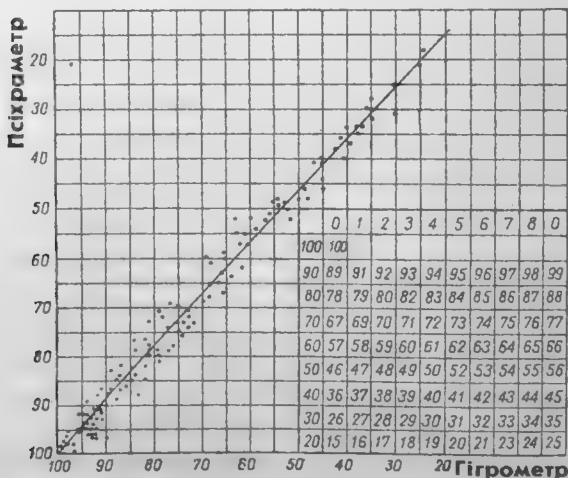
Мал. 42. Плёначны гігрометр

дынат – значэнні адноснай вільготнасці, атрыманыя па псіхрометры (мал. 43). Нанесеныя пункты адпавядаюць значэнням адноснай вільготнасці, атрыманым адначасова па гігрометры і псіхрометры. Яны ствараюць поле сувязі дзвюх велічынь і на каардынатнай сетцы размяшчаюцца вузкай палоскай. Пасярэдзіне гэтага поля праводзяць прамую лінію з такім разлікам, каб пункты раўнамерна размясціліся на два бакі ад лініі.

Карыстаючыся гэтым графікам, для любога паказання гігрометра можна знайсці адпаведныя значэнні адноснай вільготнасці.

Для больш зручнага карыстання графікам складаюць пераводную табліцу, якая ўяўляе сабой значэнні адноснай вільготнасці, знятыя з прамой лініі на графіку. Злева ў слупку ўносяцца дзесяткі, а ў верхнім радку – адзінкі шкалы гігрометра. Напрыклад, адлік па гігрометры “55” адпавядае значэнню адноснай вільготнасці 41%, адлік па гігрометры “87” адпавядае вільготнасці 86% і г.д.

Рэгуліроўку гігрометраў і пабудову графіка для вызначэння паправак ажыццяўляюць у асеннія месяцы.



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	0
100	100									
90	89	91	92	93	94	95	96	97	98	99
80	78	79	80	82	83	84	85	86	87	88
70	67	69	70	71	72	73	74	75	76	77
60	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
50	46	47	48	49	50	52	53	54	55	56
40	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
30	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
20	15	16	17	18	19	20	21	23	24	25

Мал. 43. Графік вызначэння паправак да паказанняў гігрометра

У зімовую пару года, калі ўстанаўліваюцца адмоўныя тэмпературы ніжэй -10^0C, пругкасць вадзяной пары і недахоп насычэння вызначаюць таксама пры дапамозе псіхраметрычных табліц. Для гэтага выкарыстоўваюцца папраўленыя па графіку паказанні гігрометра і тэмпературы паветра.

ДРУГІЯ ТЫПЫ ГІГРОМЕТРАЎ

Гігрометр пункта расы. Яго дзеянне заснавана на прынцыпе ахаладжэння цвёрдага цела і вымярэнні пры гэтым тэмпературы цела. У якасці ахаладжальнага цела звычайна выкарыстоўваюць металічнае люстэрка. Вымярэнне тэмпературы люстэрка ў момант асаджэння кандэнсата (запаценне) ажыццяўляецца пры дапамозе тэрмарэзістара. Для ахаладжэння люстэрка выкарыстоўваюцца паўправадніковыя тэрмахаладзільнікі.

Электралітычны гігрометр. Прынцып дзеяння яго заснаваны на вымярэнні пункта расы над насычаным саляным растворам. Залежнасць пункта расы ад вільготнасці навакольнага паветра загадзя вядома. Ведаючы гэту залежнасць, па значэнні пункта расы над растворам вылічваюць вільготнасць паветра. Звычайна ў электралітычных гігрометрах выкарыстоўваюць хлорысты літый, які паглынае вадзяную пару і становіцца электраправадніком. Сіла прапушчанага праз раствор току будзе залежаць ад колькасці вады, што паступае з паветра. Чым большая вільготнасць паветра, тым большая сіла току будзе працякаць праз раствор. Па велічыні сілы току вызначаюць вільготнасць паветра.

Кулонаметрычны гігрометр. Гэты гігрометр працуе на прынцыпе паглынання вадзяной пары з паветра пры дапамозе рэчыва, якое валодае гіграскапічнымі ўласцівасцямі, і наступнага яе раскладання шляхам электролізу. Пры гэтым колькасць электрычнасці з'яўляецца мерай раскладзенай вады, што паступае з паветра і характарызуе яго вільготнасць. Паглынанне і электроліз вадзяной пары, што атрымліваецца ў паветры, адбываюцца адначасова.

Акрамя вышэйназваных тыпаў маюцца дыфузійныя, сарбцыйныя і другія гігрометры, якія атрымалі абмежаванае выкарыстанне.

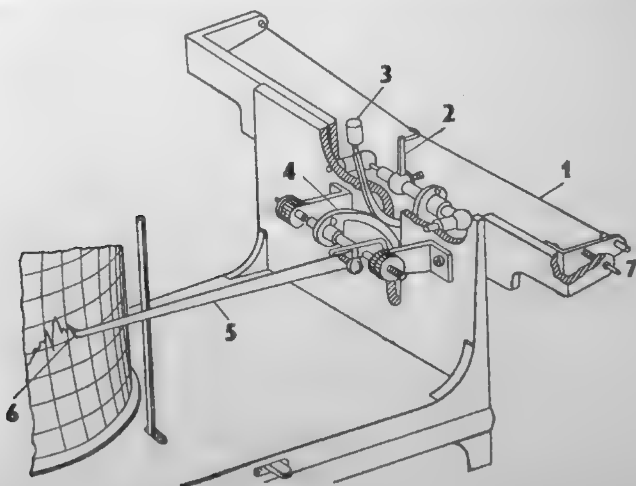
ГІГРОГРАФЫ

Для бесперапыннага запісу змяненняў адноснай вільготнасці на працягу сутак або тыдня служаць гігрографы (мал. 44). Гігрографы выпрабляюцца двух тыпаў : валосныя і плёначныя.

На метэаралагічных станцыях выкарыстоўваюць валосны гігрограф. Прыёмнай часткай гэтага гігрографа, што рэагуе на хістанні адноснай вільготнасці, з'яўляецца пучок абястлушчаных чалавечых валасоў *1,* замацаваных у рамцы, што знаходзіцца па- за корпусам прыбора. Змяненні даўжыні пучка валасоў перадаюцца праз сістэму рычагоў *3*, *4* на стрэлку *5*, на канцы якой знаходзіцца пяро 6. У сярэдняй частцы пучок зачапляецца за кручок *2*, злучаны з крывалінейным рычагом *3*, здольным вярцецца вакол сваёй восі. Крывалінейны рычаг *3* слізгаецца па другім крывалінейным рычагу *4*, які мае агульную са стрэлкай *5* вось. Для рэгуліроўкі дакладнасці запісу пяра *6* служыць шруба *7*, пры дапамозе якой устанаўліваецца неабходная напятасць пучка валасоў.

Унутры корпуса гігрографа знаходзіцца вось для барабана з гадзіннікавым механізмам *8*. На барабан надзяваецца стужка, канцы якой замацоўваюцца металічнай дужкай. У залежнасці ад скорасці вярчэння барабана вакол восі гігрографы бываюць сутачныя ці тыднёвыя.

Пры павелічэнні адноснай вільготнасці пучок валасоў падаўжаецца, а стрэлка з пяром перамяшчаецца ўніз уздоўж стужкі барабана.



Мал. 44.
Гігрограф

Для адвядзення стрэлкі *5* з пяром *6* ад барабана з гадзіннікавым механізмам *8* у час змены стужкі існуе спецыяльны рычаг *9*. Гігрограф забяспечаны прыстасаваннем, пры дапамозе якога, не адчыняючы вечка, можна рабіць на дыяграмнай стужцы засечкі дакладна ў тэрмін назіранняў з мэтай кантролю хода гадзінніка.

Плёначны гігрограф адрозніваецца ад валоснага адчувальным элементам. У якасці адчувальнага элемента ў гэтым гігрографе выкарыстоўваецца гіграскапічная арганічная плёнка ў выглядзе мембраны. Ваганні мембраны, абумоўленыя хістаннямі адноснай вільготнасці, перадаюцца на стрэлку з пяром, якое дакранаецца да стужкі самапісца, замацаванай на барабане гадзіннікавага механізма.

Апрацоўка запісу на ленце гігрографа праводзіцца графічным спосабам. Графік і табліцу складаюць такім жа чынам, што і для гігрометраў (гл. мал. 43). Для гэтага бяруць даныя па адноснай вільготнасці, атрыманыя па псіхрометры ў тэрміны назіранняў, і яе значэнні, знятыя са стужак гігрографа. Потым для кожнага адліку, атрыманага па запісу гігрографа, знаходзяць папраўленыя значэнні адноснай вільготнасці. Адлікі па стужцы гігрографа, так, як і па гігрометры, бяруцца з дакладнасцю да 1 %. Папраўленыя значэнні запісу гігрографа заносяцца ў метэаралагічную табліцу, якая мае агульную форму, як і для апрацоўкі стужак тэрмографа і барографа.

Прыклады рашэння задач

Прыклад. Вызначыць абсалютную, адносную вільготнасць і дэфіцыт вільготнасці, калі тэмпература паветра 25°С, а пругкасць вадзяной пары складае 12,0 гПа.

Рашэнне. Абсалютная вільготнасць q разлічваецца па формуле (1)

$$q = \frac{0{,}8 \cdot 12}{1 + 0{,}004 \cdot 25} = 8{,}73 \text{ г/м}^3.$$

Адносная в льготнасць f разлічваецца па формуле (2). У дадатку 16 знаходзіцца пругкасць насычэння E для тэмпературы 25°С.

$$f = \frac{12{,}0}{31{,}7} \cdot 100 = 38\ \%.$$

Дэфіцыт вільготнасці d разлічваецца па формуле (4)

$$d = 31{,}7-12{,}0 = 19{,}7 \text{ гПа.}$$

Прыклад. Вызначыць пругкасць вадзяной пары, калі адносная вільготнасць 40 %, а дэфіцыт вільготнасці 5,0 гПа.

Рашэнне. З формулы (2) $e = \frac{f}{100}E$, а з формулы (4)

$$E = d + e,\ E = 5 + e, \text{ тады}$$

$$e = \frac{40}{100}(5+e);\quad 5e = 10 + 2e;\ e = \frac{10}{3} \text{ гПа.}$$

Прыклад. Вызначыць, колькі грамаў вадзяной пары ўтрымліваецца ў 1 кг вільготнага паветра, калі пругкасць вадзяной пары роўная 16,2 гПа, а атмасферны ціск складае 1010,0 гПа.

Рашэнне. Вызначэнне вядзецца па формуле (3)

$$S = \frac{622 \cdot 16{,}2}{1010 - 0{,}378 \cdot 16{,}2} = 10{,}0 \text{ г/кг.}$$

Прыклад. Вызначыць асноўныя характарыстыкі вільготнасці паветра, калі паказанні сухога тэрмометра 20,0°С, намочанага тэрмометра станцыйнага псіхрометра 15,0°, а атмасферны ціск роўны 1000,0 гПа.

Рашэнне. Пругкасць насычэння вадзяной пары пры t = 15,0° – 17,06 гПа (дадатак 16).

Па формуле (11):

$$e = 17{,}06 - 0{,}0007947 \cdot (20-15) \cdot 1000 = 13{,}07 \text{ гПа.}$$

Пругкасць насычэння пары пры t = 20,0° – 23,39 гПа (дадатак 16), тады

$$f = \frac{13{,}07}{23{,}39}100 = 55\ \%;\quad d = 23{,}39 - 13{,}07 = 10{,}32 \text{ гПа.}$$

Прыклад. Маса ненасычанага паветра, якое мае тэмпературу 15,0°С, а адносную вільготнасць 80%, падымаецца па схіле гары і адыябатычна ахалоджваецца (вышыня гары H = 3000 м). Вызначыць тэмпературу і адносную вільготнасць каля падножжа супрацьлеглага схілу гары, калі велічыня вільгацеадыябатычнага градыента γ' = 0,5 °С/100 м.

Рашэнне. Для дадзенай тэмпературы $t = 15,0°C$ вызначаецца максімальная пругкасць вадзяной пары (дадатак 16). $E = 17,06$ гПа. Па формуле (2) разлічваецца фактычная пругкасць:

$$e = \frac{80}{100} \cdot 17,06 = 13,65 \text{ гПа.}$$

Для гэтай пругкасці знаходзіцца пункт расы (дадатак 16). $t_d = 11,6°$. Потым знаходзіцца вышыня h, на якой пачынаецца кандэнсацыя, па формуле $h = (t - t_d)100$, $h = (15,0 - 11,6)100 = 340$ м, улічваючы, што ніжэй гэтай вышыні адбываецца сухаадыябатычны працэс, тэмпературны градыент якога складае 1°C/100 м.

Вышэй узроўню кандэнсацыі h будзе ісці вільгацеадыябатычны працэс, у гэтым выпадку тэмпература на вяршыні гары разлічваецца па формуле

$$t_H = \frac{(H - h)\gamma'}{100} - t_d, \quad t_H = \frac{(3000 - 340) \cdot 0,5}{100} - 11,6 = 1,7 \text{ °C.}$$

Для гэтай тэмпературы з дадатку 16 бярэцца пругкасць насычэння $E = 6,9$ гПа, якая захоўваецца ў якасці пругкасці вадзяной пары e каля падножжа схілу. Пасля пераадольвання вяршыні і апускання паветра па супрацьлеглым схіле праходзіць сухаадыябатычны працэс, які прыводзіць да павышэння тэмпературы, што разлічваецца па формуле

$$t = \frac{H}{100}\gamma' - t_H, \quad t = \frac{3000}{100} \cdot 1 - 1,7 = 28,3 \text{ °C.}$$

Для гэтай тэмпературы ў дадатку 16 знаходзім пругкасць насычэння $E = 38,5$ гПа. Тады адносная вільготнасць роўна

$$f = \frac{6,9}{38,3} = 24 \text{ \%.}$$

Задачы

1. Вызначыць перамены пругкасці насычэння вадзяной пары пры змяненні тэмпературы ад –25 да +30°C.

2. Знайсці тэмпературу паветра, калі пругкасць насычэння складае 28,5; 11,6; 5,8; –4,2; –9,4 гПа.

3. Тэмпература паветра 17,6°С, пругкасць пары 12,4 гПа. Вызначыць адносную вільготнасць, дэфіцыт вільготнасці і пункт расы.

4. Тэмпература паветра 13,5°С, дэфіцыт вільготнасці 5,8 гПа. Вызначыць пругкасць насычэння і пругкасць пары.

5. Знайсці тэмпературу паветра, калі пругкасць пары складае 3,6 гПа, а дэфіцыт вільготнасці 24 гПа.

6. Тэмпература паветра 15,7°С, пругкасць пары складае 0,0; 5,8; 12,4 гПа. Вылічыць адносную вільготнасць і дэфіцыт вільготнасці. Прааналізаваць атрыманыя даныя.

7. Тэмпература паветра 10,6°С, адносная вільготнасць 68 %. Знайсці пругкасць насычэння, пругкасць пары і дэфіцыт вільготнасці.

8. Знайсці пункт расы, калі пругкасць пары складае 1,5; 5,9; 9,7; 15,8 гПа.

9. Пасля заходу сонца адносная вільготнасць складае 80%, а тэмпература 17,4°С. Да якой тэмпературы павінна ахалоджвацца падысподняя паверхня, каб на ёй ўтварыліся прадукты кандэнсацыі? Што пры гэтым узнікне – раса ці іней?

10. Тэмпература паветра 27,5°С, пункт расы 10,4°С. Вызначыць пругкасць насычэння, пругкасць пары, дэфіцыт вільготнасці і адносную вільготнасць.

11. У трапічных пустынях тэмпература паветра можа павышацца да 50°С (і больш), а адносная вільготнасць у гэты час памяншаецца да 2 % . У палярных жа раёнах магчыма тэмпература –45 °С (і ніжэй) пры адноснай вільготнасці 100 %. У якім выпадку абсалютная вільготнасць большая і ў колькі разоў?

12. Атмасферны ціск 1000,0 гПа, пругкасць пары 11,0 гПа. Знайсці ўдзельную вільготнасць паветра.

13. Паказанні тэрмометраў станцыйнага псіхрометра: сухога 16,0; намочанага 10,0°С. Ціск 1000,0 гПа. Вылічыць пругкасць пары пры дапамозе псіхраметрычнай формулы (11).

14. Паказанні сухога тэрмометра аспірацыйнага псіхрометра 20,0, намочанага 12,0°С. Ціск 1040,0 гПа. Вылічыць пругкасць пары пры дапамозе псіхраметрычнай формулы (11).

15. Пабудаваць і прааналізаваць графікі гадавога ходу сярэдняй месячнай тэмпературы паветра, парцыяльнага ціску вадзяной пары, адноснай вільготнасці і дэфіцыту вільготнасці па даных адной з метэастанцый (дадатак 18).

16. Маса ненасычанага паветра з тэмпературай t = 18,5°C і адноснай вільготнасцю f = 85 % падымаецца па схіле гары і адыябатычна ахалоджваецца (вышыня гары H = 2800 м). Вызначыць тэмпературу і адносную вільготнасць каля падножжа супрацьлеглага схілу гары, калі велічыня вільгацеадыябатычнага градыента γ' = 0,6°C/100 м. Растлумачыць з'яву фёна.

Кантрольныя пытанні

1. Якія існуюць характарыстыкі вільготнасці паветра? Растлумачыць іх.

2. У якіх межах могуць змяняцца характарыстыкі вільготнасці паветра? Ці могуць гэтыя велічыні быць адмоўнымі?

3. Чаму роўна адносная вільготнасць, калі дэфіцыт вільготнасці адпавядае: 1) пругкасці насычэння, 2) нулю ?

4. Чаму роўны парцыяльны ціск вадзяной пары, адносная вільготнасць і дэфіцыт вільготнасці пры тэмпературы пункта расы?

5. У якім выпадку вадзяная пара пры адной і той жа тэмпературы бліжэй знаходзіцца да стану насычэння: пры адноснай вільготнасці 10 % ці 90 % ?

6. Як змяняюцца асноўныя характарыстыкі вільготнасці паветра ў залежнасці ад змяненняў тэмпературы паветра?

7. Якія вядомы метады вымярэння вільготнасці паветра?

8. Сфармуляваць закон выпарэння (закон Дальтона).

9. Вывесці асноўную псіхраметрычную формулу.

10. Будова і работа станцыйнага і аспірацыйнага псіхрометраў.

11. Што ўяўляюць сабой псіхраметрычныя табліцы?

12. Тыпы і будова гігрометраў.

13. Будова і прынцып дзеяння гігрографа.

14. Апрацоўка запісу на стужцы гігрографа.

Р а з д з е л 7

ВОБЛАЧНАСЦЬ

Пры назіраннях за воблакамі вызначаюць іх колькасць (воблачнасць), формы і вышыню ніжняй мяжы воблакаў.

УМОВЫ ЎТВАРЭННЯ ВОБЛАКОЎ

Воблакі з'яўляюцца важнай складаючай часткай кругаабароту вады ў геасферы. Яны ўяўляюць вынік працэсаў кандэнсацыі ці сублімацыі вадзяной пары ў атмасферы. Гэтыя працэсы адбываюцца толькі ў тым выпадку, калі адносная вільготнасць павялічваецца і паветра дасягае стану насычэння. Гэта значыць, што фактычная пругкаць вадзяной пары e дасягае крайне магчымага для дадзенай тэмпературы свайго значэння E. Стан насычэння наступае часцей за ўсё за кошт паніжэння тэмпературы паветра ніжэй пункта расы t_{d}, радзей – за кошт паступлення вадзяной пары звонку. Акрамя таго, каб адбылася кандэнсацыя ў насычаным паветры, неабходна наяўнасць ядраў кандэнсацыі, якія актывізуюць воблакаўтварэнне.

Прычынай паніжэння тэмпературы паветра, якая выклікае кандэнсацыю, перш за ўсё бываюць адыябатычныя працэсы, якія звязаны з вертыкальнымі рухамі паветра. Адыябатычнае ахаладжэнне паветра звычайна абумоўлена наступнымі атмасфернымі з'явамі:

1) канвектыўнымі струменямі ўнутры аднароднай паветранай масы; 2) узыходзячым слізганнем цёплага паветра па нахіленай франтальнай паверхні, якая падзяляе дзве паветраныя масы з рознымі фізічнымі ўласцівасцямі; 3) хвалевымі рухамі, якія ўзнікаюць на паверхні падзелу двух розных па фізічных уласцівасцях слаёў паветра; 4) турбулентным перамешваннем у атмасферы.

Воблакаўтварэнню спрыяюць таксама і неадыябатычныя працэсы. Да іх адносяцца галоўным чынам фазавыя пераходы вады, радыяцыйныя змяненні тэмпературы паветра, адвекцыя цёплага і вільготнага паветра, якое ахалоджваецца ад больш халоднай падсцільнай паверхні.

Часцей за ўсё воблакі ўзнікаюць у выніку адначасовага ўзаемадзеяння некалькіх працэсаў і з'яў. Неабходна адзначыць, што воблакі бесперапынна эвалюцыяніруюць. У працэсе эвалюцыі адбываюцца змяненні іх марфалагічных рыс, пераўтварэнне ў другія формы.

ВЫЗНАЧЭННЕ ФОРМЫ ВОБЛАКАЎ

Пры вызначэнні формы воблакаў карыстаюцца міжнароднай класіфікацыяй воблакаў, у аснову якой пакладзены марфалагічныя прыкметы або іх вонкавы выгляд. У адпаведнасці з міжнароднай кла-

сіфікацыяй вылучаны 10 асноўных форм (родаў) воблакаў. Кожная з асноўных форм падраздзяляецца на некалькі відаў і разнавіднасцей.

Класіфікацыя асноўных форм, відаў і разнавіднасцей воблакаў, іх падрабязная характарыстыка прыведзены ў "Атласе воблакаў", які ўяўляе сабой набор адпаведных фатакартак. Ніжэй выкладзена з некаторымі скарачэннямі сучасная класіфікацыя воблакаў па гэтым Атласе.

У залежнасці ад вышыні воблакі падзяляюцца на тры ярусы:

воблакі верхняга яруса – вышэй 6000 м;

воблакі сярэдняга яруса – іх ніжняя мяжа ляжыць паміж 2000 і 6000 м;

воблакі ніжняга яруса – ніжняя мяжа размешчана ніжэй 2000 м і можа дасягаць паверхні зямлі.

У асобную групу вылучаюць воблакі вертыкальнага развіцця, якія маюць вялікую магутнасць і могуць трапляць ва ўсе ярусы .

Да верхняга яруса адносяцца наступныя формы:

I. Перыстыя воблакі (*Cirrus, Ci*). Асобныя белыя валакністыя воблакі, звычайна вельмі тонкія і празрыстыя, часам з больш шчыльнымі часткамі. Вышыня ва ўмераных шыротах складае 7–10 км, у тропіках дасягае 17–18 км; маюць крышталічную будову.

Перыстыя воблакі падзяляюцца на наступныя віды:

1. Валакністыя або ніткападобныя (*Cirrus fibratus, Ci fib.*), маюць выгляд паралельных ці пераблытаных клубкоў валокнаў.

Разнавіднасці:

а) кіпцюрападобныя (*Cirrus uncinus, Ci unc.*), у якіх канцы нітак патоўшчаны і загнуты ўверх;

б) хрыбтападобныя (*Cirrus vertebratus, Ci vert.*), з больш шчыльнай сярэдняй паласой, з якой валокны разыходзяцца ў два бакі;

в) пераблытаныя (*Cirrus intortus, Ci int.*), з бязладна пераблытаных нітак у выглядзе клубкоў ці плямаў, раскіданых па небе.

2. Шчыльныя (*Cirrus spissatus, Ci spi.*), якія ўключаюць шматлікія згушчэнні няправільнай формы, што істотна парушае валакністую структуру.

Разнавіднасці:

а) навальнічныя (*Cirrus incus-genitus, Ci ing.*), якія з'яўляюцца рэшткамі вяршынь кучава-дажджавых воблакаў, што распадаюцца;

б) камякападобныя (*Cirrus floccus, Ci fl.*), маюць выгляд белых камякоў, раскіданых па прасторы валокнаў перыстых воблакаў.

Перыстыя воблакі ўтвараюцца пад слоем трапапаўзы. Звычайна яны з'яўляюцца часткай воблачнай сістэмы цёплага ці халоднага фронту, а таксама цыклонаў, якія запаўняюцца.

II. П е р ы с т а – к у ч а в ы я в о б л а к і (*Cirrocumulus, Cc.*). Белыя тонкія воблакі, што складаюцца з дробных хваляў, камякоў ці рабізны, утвараюць слаі ці паралельныя грады з паступовым пераходам у покрыва *Ci* або *Cs*. Гэтыя воблакі малаўстойлівыя. Яны хутка з'яўляюцца, відазмяняюцца і прападаюць. Утвараюцца перыста-кучавыя воблакі ва ўмовах хвалевых ці канвектыўных рухаў паветра. Яны таксама складаюцца з ледзяных крышталяў. Ападкі з іх не выпадаюць.

Від *Cc*: хвалістыя (*Cirrocumulus undulatus, Cc und.*) – у выглядзе хваляў ці дробнай рабізны.

Разнавіднасці:

а) лінзападобныя (*Cirrocumulus lenticularis, Cc lent.*) – выцягнутыя з гладкай паверхняй асобныя воблакі, што патанчаюцца да краёў накшталт лінзаў. Дзе-нідзе праглядваецца валакністая структура;

б) кучавападобныя (*Cirrocumulus cumuliformis, Cc cuf.*) – дробныя вежы ці камякі, што павялічваюцца зверху;

в) камякападобныя (*Cirrocumulus floccus, Cc floc.*) – тонкія белыя паўпразрыстыя, раскіданыя па небе камякі.

Перыста-кучавыя воблакі ўтвараюцца ў выніку паветраных хваляў ці канвектыўных ячэек, што ўзнікаюць у верхняй трапасферы, некалькі ніжэй трапапаўзы.

III. П е р ы с т а – с л а і с т ы я в о б л а к і (*Cirrostratus, Cs.*) – тонкая, белая або трохі блакітнаватая заслона, якая мае аднародную або злёгку валакністую структуру, могуць засцілаць усё неба. Гэтыя воблакі таксама крышталічныя. У перыста-слаістых воблаках вакол сонца могуць назірацца гала-бялявыя кругі (кольца). Гэта аптычная з'ява ўзнікае ў выніку праламлення сонечных промняў у крышталях воблакаў. Гэтыя воблакі ўтвараюцца ў выніку адыябатычнага ахаладжэння паветра пры яго ўзыходзячым руху на атмасферных франтах.

Перыста-слаістыя воблакі падзяляюцца на наступныя віды:

1.Валакністыя (*Cirrostratus fibratus, Cs fib.*) – заслона трохі валакністай структуры.

2. Туманападобныя (*Cirrostratus nebulosus, Cs neb.*) – аднародная белая ці блакітнаватая заслона.

Фізічныя ўмовы ўтварэння перыста-слаістых воблакаў падобны да ўмоў паходжання перыстых воблакаў. Але перыста-слаістыя воблакі часцей звязаны з цёплым фронтам, чым з халодным.

Да воблакаў сярэдняга яруса адносяцца:

IV. Высока-кучавыя воблакі (*Altocumulus, Ac.*). Маюць белы або шэры колер, у некаторых выпадках з сінявата адценнем у выглядзе хваляў або градаў з прасветамі блакітнага неба. Іншы раз уяўляюць амаль суцэльнае воблачнае покрыва. Ніжняя мяжа гэтых воблакаў можа знаходзіцца на вышынях ад 2 да 6 км, а таўшчыню яны маюць ад 0,2 да 0,7 км.

Ападкі выпадаюць вельмі рэдка і толькі ў выглядзе асобных кропель дажджу ці сняжынак.

Воблакі *Ac* падзяляюцца на наступныя віды:

1. Хвалістыя (*Altocumulus undulatus, Ac und.*). Яны размяшчаюцца на небасхіле радамі або градамі.

Разнавіднасці:

а) прасвечаныя (*Altocumulus translucidus, Ac trans.*), якія складаюцца з асобных, выразна акрэсленых элементаў (хваляў, пласцін), паміж якімі маюцца прасветы, якія дазваляюць бачыць блакітнае неба ці нябесныя свяцілы;

б) непрасвечаныя шчыльныя (*Altocumulus opacus, Ac op.*) – уяўляюць амаль суцэльнае покрыва, на ніжняй паверхні якога выразна вылучаюцца больш цёмныя хвалі ці грады;

в) лінзападобныя (*Altocumulus lenticularis, Ac lent.*) – асобныя, больш шчыльныя воблакі лінзападобнай формы з выразным або валакністым абрысам;

г) неаднародныя (*Altocumulus inhomogenus, Ac inh.*) – толькі месцамі маюць хвалістую будову.

2. Кучавападобныя (*Altocumulus cumuliformis, Ac cuf.*) – адасобленыя, а іншы раз у выглядзе суцэльнай масы з прыкметамі вертыкальнага развіцця.

Разнавіднасці:

а) камякападобныя (*Altocumulus floccus, Ac floc.*) – падраныя па краях бясформенныя камякі, параўнальна хутка змяняюць свае контуры;

б) вежападобныя (*Altocumulus castellanus, Ac cast.*) – града воблакаў, ад якіх адыходзяць уверх белыя кучавападобныя купалы ці вежы. Калі-нікалі яны нагадваюць невялікія воблакі *Cu* і *Cb*;

в) утвораныя з кучавых воблакаў (*Altocumulus cumulogenitus, Ac cug.*) – белае покрыва, якое ўзнікае з кучавых або кучава-дажджавых воблакаў, вяршыні якіх расцякаюцца ў сярэднім ярусе;

г) з палосамі падзення (*Altocumulus virga, Ac vir.*) – з ападкаў у выглядзе валокнаў ці пучкоў, што выпадаюць з асобных высокакучавых воблакаў.

Высокакучавыя воблакі складаюцца пераважна з дробных пераахалоджаных кропель. Іх утварэнне ў асноўным абумоўлена хвалевымі рухамі паветра ў слаях інверсіі, а таксама над франтальнымі паверхнямі і арографічнымі схіламі.

V. Высокаслаістыя воблакі (*Altostratus, As.*) – утвараюць звычайна суцэльнае роўнае ці хвалістае покрыва, маюць шэры або сiняваты колер. Яны больш шчыльныя, чым перыста-слаістыя воблакі. Вышыня ніжняй мяжы складае ад 3 да 5 км, магутнасць воблачнага слоя – каля 1 км, рэдка да 2 км.

Воблакі *As* маюць наступныя віды:

1. Туманападобныя (*Altostratus nebulosus, As neb.*) – у выглядзе аднароднага шэрага слоя.

2. Хвалістыя (*Altostratus undulatus, As und.*) – маюць хвалістую ніжнюю мяжу і месцамі валакністую структуру.

Для туманападобных і хвалістых высокаслаістых воблакаў характэрны наступныя разнавіднасці:

а) прасвечаныя (*Altostratus translucidus, As trans.*) – падобныя да больш шчыльных перыста-слаістых, але маюць шэры колер і размяшчаюцца ніжэй, Сонца і Месяц прасвечваюць праз іх;

б) непрасвечаныя (*Altostratus opacus, As op.*) – суцэльнае шэрае, месцамі больш светлае або цёмнае покрыва, скрозь якое Сонца і Месяц не прасвечваюць;

в) даюць ападкі (*Altostratus praecipitans, As pr.*) – звычайна выпадаюць невялікія ападкі, якія летам не дасягаюць, а зімой дасягаюць зямной паверхні.

Высокаслаістыя воблакі складаюцца з дробных сняжынак і пераахалоджаных кропель. Ва ўмовах цёплага фронту яны насоўваюцца пасля перыста-слаістых і паступова пераходзяць у слаіста-дажджавыя; ва ўмовах жа халоднага фронту – пасля слаіста-дажджавых і з цягам часу ператвараюцца ў перыста-слаістыя. Калі ўтвараюцца тонкія высокаслаістыя воблакі, то на іх фоне могуць назірацца каляровыя вянцы вакол Сонца і Месяца.

Воблакамі ніжняга яруса з'яўляюцца:

VI. Слаіста-кучавыя воблакі (*Stratocumulus, Sc.*). Уяўляюць шэрыя або шараватыя буйныя грады, хвалі ці камлыгі. Могуць размяшчацца правільнымі радамі і мець прасветы блакітнага неба або ўтвараць суцэльнае хвалістае покрыва неаднароднай шчыльнасці. Звычайна знаходзяцца на вышынях 0,5–1,5 км і маюць магутнасць ад 0,2 да 0,8 км.

Слаіста-кучавыя воблакі падзяляюцца на наступныя віды:

1.Слаіста-кучавыя хвалістыя (*Stratocumulus undulatus, Sc und.*) – у выглядзе чаргавання градаў і валоў, якія зліваюцца ў суцэльнае покрыва або раздзяляюцца прасветамі.

Разнавіднасці:

а) прасвечаныя (*Stratocumulus translucidus, Sc trans.*) – грады, пласціны ці глыбы, паміж якімі назіраюцца прасветы блакітнага неба або верхнія воблакі;

б) шчыльныя (*Stratocumulus opacus , Sc op.*) – складаюцца з глыбаў ці пласцін, што зліваюцца ў цёмна-шэрую масу шчыльных воблакаў, ніжняя мяжа якіх выразна акрэслена, а на яе фоне адрозніваюцца валы ці грады;

в) лінзападобныя (*Stratocumulus lenticularis, Sc lent.*) – асобныя, выцягнутыя ў даўжыню, даволі плоскія лінзападобныя воблакі.

2. Слаіста-кучавыя кучавападобныя (*Stratocumulus cumuliformis, Sc cuf.*) – вылучаюцца прыкметнай магутнасцю.

Разнавіднасці:

а) вежападобныя (*Stratocumulus castellanus, Sc cast.*) – слаіста-кучавыя воблакі, з якіх у асобных месцах узыходзяць вежы ці купалы, якія нагадваюць невялікія кучава-дажджавыя воблакі;

б) дзённыя, якія расцякаюцца (*Stratocumulus diurnalis, Sc diurn.*) – утвараюцца з дзённых кучавых воблакаў у выглядзе нізкага працяглага слоя ці градаў, якія распадаюцца;

в) вячэрнія, якія расцякаюцца (*Stratocumulus vesperalis, Sc vesp.*) – утвараюцца вечарам у выніку аслаблення канвекцыі, якое выклікае асяданне вяршынь кучавых воблакаў і расцяканне іх ніжняй часткі ў выглядзе плоскіх доўгіх градаў;

г) вымяпадобныя (*Stratocumulus mammatus, Sc mam.*) – з пукатасцямі, звернутымі ўніз.

Слаіста-кучавыя воблакі складаюцца пераважна з дробных кропелек вады і ападкаў не даюць. Іх утварэнне абумоўлена хвалевымі рухамі паветра, якія ўзнікаюць у слаях інверсіі, а таксама пад слоем

інверсіі, дзе адбываецца расцяканне кучавых воблакоў. і вечарам у сувязі з аслабленнем канвекцыі.

VII. С л а і с т ы я в о б л а к і (*Stratus, St.*). Маюць выгляд аднароднага слоя шэрага ці жоўта-шэрага колеру, падобныя на туман, прыўзняты над зямной паверхняй. Звычайна суцэльнай масай закрываюць неба. Іх ніжняя мяжа бывае разадранай ці касмыкаватай. Бывае, што слаістыя воблакі апускаюцца так нізка, што зліваюцца з туманам. Вышыня іх асновы звычайна складае 0,1–0,7 км, а магутнасць воблачнага слоя – ад 0,2 да 0,8 км.

Слаістыя воблакі падзяляюцца на наступныя віды:

1. Слаістыя туманападобныя (*Stratus nebulosus, St neb.*) – аднародныя воблакі шэрага ці жоўта-шэрага колеру, нізка размяшчаюцца над зямной паверхняй.

2. Слаістыя хвалістыя (*Stratus undulatu, St und.*) – воблакі шэрага ці жоўта-шэрага колеру, на ніжняй паверхні якіх слаба праглядваюцца хвалі ў выглядзе чаргавання больш цёмных і светлых іх частак.

3. Слаістыя разадраныя (*Stratus fractus, St fr.*) – гэта намнажэнне асобных воблакаў з разадранымі краямі або касмыкаватага покрыва з абвіслымі камякамі.

Разнавіднасць:

а) разадрана-дажджавыя (*Stratus fractonimbus, St frnb.*) – нізкія, шэрыя, змрочныя, падраныя воблакі. Яны ўтвараюцца пад слоем воблакаў, з якіх выпадаюць ападкі.

Слаістыя воблакі складаюцца з драбнейшых кропелек вады, але могуць прысутнічаць і ледзяныя крышталікі. З гэтых воблакаў улетку магчыма выпадзенне імжы, а ўзімку – дробнага снегу. Яны ўтвараюцца ва ўмовах аднароднай паветранай масы, якая ахалоджваецца пры сваім руху над халоднай зямной паверхняй або ў выніку радыяцыйнага ахаладжвання ў начны час ці пры развіцці турбулентных рухаў паветра ўверх да інверсійнага слоя.

VIII. С л а і с т а – д а ж д ж а в ы я в о б л а к і (*Nimbostratus NS*). Уяўляюць сабой цёмна-шэрую воблачную масу, якая зрэдку мае жаўтаватае ці сіняватае адценне. З іх выпадаюць заложныя ападкі (снег ці дождж). Звычайна закрываюць усё неба і не маюць разрываў. Ніжняя паверхня гэтых воблакаў знаходзіцца на вышынях 0,1–1,0 км, а таўшчыня воблачнага слоя складае 2–5 км і больш. Яны складаюцца з кропель і ледзяных крышталяў.

Слаіста-дажджавыя воблакі ўтвараюцца ў выніку ахалоджвання паветра пры ўзыходзячых рухах над паверхняй фронту. Сярод іх віды і разнавіднасці не вылучаюцца.

ВОБЛАКІ ВЕРТЫКАЛЬНАГА РАЗВІЦЦЯ

IX. Кучавыя воблакі (*Cumulus, Cu*). Гэта вельмі шчыльныя воблакі, якія маюць значную магутнасць (да некалькіх кіламетраў), з белымі купалападобнымі вяршынямі і з плоскай шараватай або сіняватай асновай. Пры моцным ветры краі кучавых воблакаў выглядаюць разадранымі. Вышыня ніжняй мяжы ва ўмераных шыротах складае звычайна ад 0,8 да 1,5 км. Гэта кропельнавадкія воблакі. З іх ва ўмераных шыротах ападкі не выпадаюць; толькі ў тропіках выпадаюць нязначныя дажджы.

Кучавыя воблакі маюць наступныя віды:

1. Кучавыя плоскія (*Cumulus humilis, Cu hum.*) – маюць нязначную магутнасць (не больш 1 км) і таму здаюцца плоскімі. Звычайна паяўляюцца раніцай , павялічваюцца ў памерах днём, а вечарам паступова расплываюцца, ператвараючыся ў слаіста-кучавыя воблакі, а ноччу прападаюць зусім.

2. Кучавыя сярэднія (*Cumulus mediocris, Cu med.*) – воблакі з больш значнай вертыкальнай магутнасцю (1–2 км), купалападобнымі вяршынямі.

3. Кучавыя магутныя (*Cumulus congestus, Cu cong.*) – моцна развітыя па вертыкалі воблакі (больш 2 км). Іх вяршыні маюць бялюткі колер і моцна клубяцца; у аснове больш цёмныя.

Узнікненне кучавых воблакаў звязана з развіццём канвекцыі. Яны служаць прыкметай добрага ўстойлівага надвор'я.

X. Кучава–дажджавыя воблакі (*Cumulonimbus, Cb.*) – гэта вельмі магутныя воблачныя масы, якія з'яўляюцца вынікам пераўтварэння кучавых воблакаў і нагадваюць горы або вежы магутнасцю ў некалькі кіламетраў. Бываюць выпадкі, што вяршыні кучава-дажджавых воблакаў дасягаюць трапапаўзы і маюць валакністую структуру. Гэтыя воблакі даюць ліўневыя кароткачасовыя ападкі: летам – буйнакропельны дождж і град, якія суправаджаюцца навальніцай; а зімой – снег і крупу.

Кучава-дажджавыя воблакі падзяляюцца на наступныя віды:

1.Кучава-дажджавыя лысыя (*Cumulonimbus calvus, Cb calv.*). Іх вяршыні добра акрэслены і нагадваюць круглявыя беласнежныя купалы, злёгку валакністай структуры.

2. Кучава-дажджавыя валасатыя (*Cumulonimbus capillatus, Cb cap.*). Верхняя частка гэтых воблакаў мае добра выражаную кудлатую структуру, якая паступова распаўсюджваецца па небасхіле і пераўтвараецца ў перыстападобныя воблакі.

Разнавіднасці кучава-дажджавых валасатых воблакаў:

а) валасатыя з навальнічным валам (*Cumulonimbus arcus, Cb arc.*). Пярэдняя частка гэтых воблакаў нагадвае дугападобны воблачны вал. Яны выклікаюць моцны шквалісты вецер і ліўневыя ападкі;

б) з кувалдай (*Cumulonimbus incus, Cb inc.*), калі верхняя перыстападобная частка воблака расцякаецца ва ўсе бакі і нагадвае форму велізарнай кувалды.

Кучава-дажджавыя воблакі ўтвараюцца ў выніку адыябатычнага ахалоджвання паветра пры ўзыходзячых яго рухах на франтальных паверхнях або пры канвекцыі.

ВЫЗНАЧЭННЕ КОЛЬКАСЦІ ВОБЛАКАЎ

Пад воблачнасцю разумеецца ступень пакрыцця неба воблакамі. Вызначэнне колькасці воблакаў праводзіцца візуальна па дзесяцібальнай шкале. Пры адсутнасці воблакаў або пры наяўнасці, якая складае менш 0,5 бала, іх колькасць ацэньваецца ў 0 балаў. Калі воблакамі занята 0,1 часткі небасхілу, колькасць воблакаў ацэньваецца 1 балам, 0,5 – 5 баламі і г.д. Пры поўным пакрыцці небасхілу колькасць воблакаў ацэньваецца 10 баламі. Калі воблачнасць складае больш 9 балаў, але ў воблачным покрыве бачны асобныя прасветы, то лічба 10 бярэцца ў квадрат і запісваецца ў выглядзе 10.

Пры назіраннях спачатку вызначаецца агульная колькасць воблакаў, якія знаходзяцца ва ўсіх ярусах і займаюць увесь бачны небасхіл (агульная воблачнасць), а потым – колькасць воблакаў ніжняга яруса (ніжняя воблачнасць), уключаючы воблакі вертыкальнага развіцця. Запіс у кніжцы назіранняў робіцца ў выглядзе дробу: у лічніку адзначаецца агульная, а ў назоўніку – ніжняя воблачнасць. Калі колькасць воблакаў нязначная і складае менш 0,5 бала, то запісваецца колькасць 0/0 балаў, вызначаецца адпаведная форма воблакаў і ў дужках ставіцца паметка (сл.) (сляды), напрыклад 0/0 *Cu* (сл.); 0/0 *Ci* (сл.).

У табл. 9 прыведзены прыклады запісу колькасці воблакаў.

Т а б л і ц а 9. **Прыклады запісу колькасці воблакаў у кніжку назіранняў**

Характар пакрыцця небасхілу	Выгляд запісу
Усё неба закрыта воблакамі; воблакаў ніжняга яруса няма	10/0
Усё неба закрыта воблакамі ніжняга яруса	10/10
Воблакаў на небе няма	0/0
Воблакі закрываюць 0,6 плошчы неба, у тым ліку воблакамі ніжняга яруса закрыта 0,4 плошчы	6/4

ВЫЗНАЧЭННЕ ВЫШЫНІ ВОБЛАКАЎ

На метэастанцыях вызначаюць вышыню ніжняй мяжы воблачнага покрыва над зямной паверхняй. Вызначэнне вышыні ніжняй мяжы праводзіцца для воблакаў ніжняга і сярэдняга ярусаў пры ўмове, калі гэтыя воблакі размяшчаюцца не вышэй 2500 м над узроўнем станцыі. Для гэтага выкарыстоўваюць наземны імпульсны светлавы вымяральнік вышыні ніжняй мяжы воблакаў (ІВВ). Вымярэнне вышыні воблакаў праводзіцца пры іх знаходжанні непасрэдна над метэастанцыяй. Пры наяўнасці моцных ападкаў ці туману вышыню воблакаў не вызначаюць.

Калі ІВВ адсутнічае, вышыня воблакаў вызначаецца пры дапамозе шара-пілота, а ноччу – пры дапамозе столевага пражэктара. Пры адсутнасці неабходных прыбораў назіральнік ацэньвае вышыню ніжняй мяжы воблакаў вакамерна. Вопыт вызначэння вышыні воблакаў "на вока" набываецца шляхам шматразовага параўнання вакамерных даных з вынікамі інструментальных вымярэнняў.

Задачы

1.Растлумачыць сэнс вынікаў назіранняў за колькасцю воблакаў: 1) 7/5; 2) 10/6; 3) 10/0; 4) 10/10; 5) 0/0; 6) 10/6; 7) 10/10; 8) 10/10.

2. Выпісаць і запомніць 10 асноўных форм воблакаў.

3. Выпісаць формы воблакаў, якія даюць ападкі, адзначыць характар ападкаў (ліўневыя, заложныя, імжыстыя).

4. Пералічыць характэрныя формы воблакаў, якія ўтвараюцца ўнутры паветранай масы.

5. Назваць формы воблакаў, якія ўзнікаюць на цёплым і халодным франтах.

6. Вызначыць і запісаць колькасць і форму воблакаў.

Кантрольныя пытанні

1. Якія атмасферныя працэсы прыводзяць да ўтварэння воблакаў?
2. Як вызначаюць формы воблакаў?
3. Вызначэнне колькасці воблакаў.
4. Вызначэнне вышыні воблакаў.
5. Пры наяўнасці якіх воблакаў назіраецца гала?
6. Якія воблакі з'яўляюцца прыкметай пагаршэння надвор'я?
7. Якія воблакі з'яўляюцца прыкметай набліжэння добрага надвор'я?

Раздзел 8

АТМАСФЕРНЫЯ АПАДКІ І З'ЯВЫ

Ападкамі называюць ваду, якая выпадае з воблакаў у вадкім ці цвёрдым стане (дождж, снег, град, крупы, імжа і інш.), а таксама, што ўтвараецца на паверхні зямлі і яе прадметах у выніку кандэнсацыі вадзяной пары, якая ўтрымліваецца ў паветры (раса, шэрань, іней, галалёдзіца). Апошнюю групу ападкаў аб'ядноўваюць агульнай назвай – гідраметэоры .

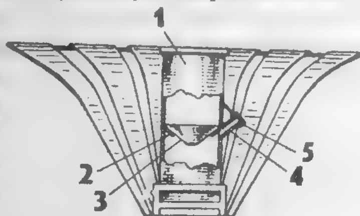
У залежнасці ад фазавага стану атмасферныя ападкі падзяляюць на цвёрдыя, вадкія і змешаныя. Да вадкіх залічваюць дождж, расу, да цвёрдых – снег, град, крупы, галалёдзіцу, іней, шэрань. Пры характарыстыцы ападкаў вызначаюць іх колькасць, інтэнсіўнасць, пачатак і канец выпадзення. Пад колькасцю ападкаў разумеецца вышыня слоя вады ў міліметрах, які мог бы ўтварыцца на гарызантальнай паверхні пасля выпадзення ападкаў, калі б не было іх прасочвання ў глебу, паверхневага сцёку і выпарэння. Колькасць ападкаў вызначаюць для пэўнага прамежку часу і вылічваюць з дакладнасцю да 0,1 мм. Пад інтэнсіўнасцю ападкаў разумеецца колькасць ападкаў, якія выпадаюць за адзінку часу (10 мінут). Інтэнсіўнасць ападкаў вылічваецца ў мм/мін з дакладнасцю да 0,01 мм/мін .

ВЫМЯРЭННЕ АПАДКАЎ, ШТО ВЫПАДАЮЦЬ З ВОБЛАКАЎ

Для вымярэння вадкіх і цвёрдых ападкаў, якія выпадаюць з воблакаў на гарызантальную паверхню, найбольш шырока выкарыстоўваюцца ападкамеры і дажджамеры.

АПАДКАМЕР ТРАЦЦЯКОВА

Ападкамер Траццякова выкарыстоўваецца для вызначэння колькасці вадкіх і цвёрдых ападкаў. Ён з'яўляецца галоўнай прыладай для вымярэння ападкаў на метэаралагічных станцыях. Ападкамер складаецца з двух зменных ападказборных вёдзер, адной накрыўкі да іх, прыстасавання для ўстаноўкі вядра, планачнай засцярогі і вымяральнай шклянкі (мал. 45). Прыёмная плошча вядра *1* роўна 200 см², яго вышыня 40 см. Усярэдзіне вядра ўпаяна конусападобная дыяфрагма *2*, якая мае адтуліну для сцёку ападкаў. У летнюю пару адтуліна дыяфрагмы зачыняецца лейкай *3* з мэтай памяншэння выпарэння ападкаў з вядра. З вонкавага боку вядра ніжэй дыяфрагмы прыпаяны носік *4* для зліцця ападкаў у вымяральную шклянку. Носік зачыняецца крышкай *5*, прымацаванай ланцужком да вядра. Вядро ставіцца ў спецыяльнае прыстасаванне, якое трывала замацоўваецца да слупа.



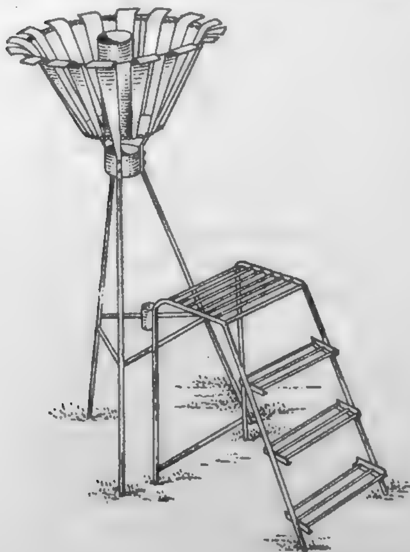
Мал. 45. Схема ападкамера Траццякова

Ветраная засцярога складаецца з 16 трапецападобных выгнутых планак, што сашчэплены паміж сабой зверху і знізу ланцужкамі (мал. 46) і падвешаны да металічнага кольца. Пры моцных парывах ветру планкі засцярогі хістаюцца і стрэсваюць снег, які на іх папаў. Для вымярэння колькасці ападкаў выкарыстоўваецца вымяральная шклянка (мал. 47), якая мае 100 дзяленняў. Цана аднаго дзялення – 2 см³, што пры плошчы сячэння прыёмнага вядра 200 см² адпавядае 0,1 мм ападкаў $(\frac{2см^3}{20см^2} = 0{,}01см)$.

Ападкамер устанаўліваецца на метэаралагічнай пляцоўцы такім чынам, каб верхні зрэз прыёмнага вядра знаходзіўся на вышыні 2 м над паверхняй глебы. Пры ўстаноўцы ападкамера выбіраюць дас-

таткова адкрытае месца, якое ў той жа час ахінута з усіх бакоў дрэвамі ці забудовай. Ападкамер павінен быць аддалены ад навакольных прадметаў на адлегласць не меншую, чым іх трохкратная вышыня.

Вымярэнне колькасці ападкаў робіцца 4 разы ў суткі, потым вылічваецца сума за суткі. У тэрмін назіранняў назіральнік прыносіць на метэапляцоўку пустое вядро, якое зачынена накрыўкай, і замяняе вядро, якое было ўстаўлена ў ападкамер. Вядро з ападкамі, зачыненае накрыўкай, прыносяць у памяшканне станцыі, дзе праз зліўны носік ападкі выліваюць у вымяральную шклянку і адлічваюць колькасць дзяленняў з дакладнасцю да цэлага дзялення. Калі лік дзяленняў па шклянцы складае менш аднаго дзялення, то колькасць ападкаў лічаць роўнай нулю. Калі колькасць ападкаў перавышае ёмістасць вымяральнай шклянкі, то вымярэнне праводзяць па частках, вынікі якіх складаюць. Вымярэнне цвёрдых ападкаў праводзіцца пасля таго, як ападкі поўнасцю растануць. Да





Мал. 47. Вымяральная шклянка ападкамера

Мал. 46. Устаноўка ападкамера

вынікаў вымярэння ўводзяць папраўкі, якія ліквідуюць хібнасць, што ўзнікае за кошт страты пэўнай колькасці ападкаў пры намочванні паверхні сценак вядра, а таксама пры выпарэнні. Для цвёрдых ападкаў колькасцю больш чым 0,5 мм папраўка складае +0,1 мм, для вадкіх ападкаў, якіх выпала менш 0,5 мм, папраўка +0,1 мм; больш 0,5 мм – папраўка +0,2 мм.

СУМАРНЫ АПАДКАМЕР

Сумарны ападкамер прызначаны для вымярэння колькасці ападкаў, якія выпадаюць у маланаселеных і цяжкадаступных месцах. Ён дазваляе вымяраць суму ападкаў раз у год (мал.48). У яго склад уваходзяць прыёмная частка *2*, ветравая засцярога *1* і пасудзіна для збору ападкаў *4*. У верхняй частцы пасудзіны маецца прыстасаванне *3* для вымання ападкаў у час вымярэння. Для прадухілення страты ападкаў за кошт выпарэння ў ападкамер наліваюць мінеральнае масла, якое ўсплывае на паверхню вады. Колькасць ападкаў вызначаюць пры дапамозе вымяральнай шклянкі. Цвёрдыя ападкі патрэбна растапіць непасрэдна ў ёмістасці для збору ападкаў пры дапамозе літавальнай лямпы.

ПАЛЯВЫ ДАЖДЖАМЕР

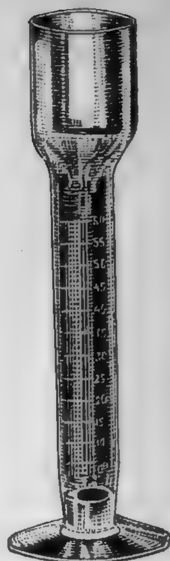
Палявы дажджамер служыць для вызначэння колькасці вадкіх ападкаў, якія выпадаюць на сельскагаспадарчых палетках. Прылада ўяўляе сабой вымяральную шклянку, якая мае ў сваёй верхняй частцы пашырэнне, што з'яўляецца прыёмнікам ападкаў (мал. 49). Звонку дажджамера нанесены дзяленні ў міліметрах. Лейка, якая знаходзіцца ў пашырэнні дажджамера, прызначана для памяншэння выпарэння ападкаў. З гэтай жа мэтай дажджамерную шклянку змяшчаюць у драўляную ахову. Дажджамер разам з аховай устанаўліваюць на драўляным слупе ці металічнай падстаўцы.

ПЛЮВІЁГРАФ

Плювіёграф – самапісец, прызначаны для бесперапыннага запісу колькасці, інтэнсіўнасці і працягласці выпадзення вадкіх ападкаў (мал. 50). Прыбор складаецца з прыёмніка, рэгістрацыйнай часткі і металічнай шафы *3* з дзверцамі. У якасці прыёмніка апад-



Мал. 48. Сумарны ападкамер

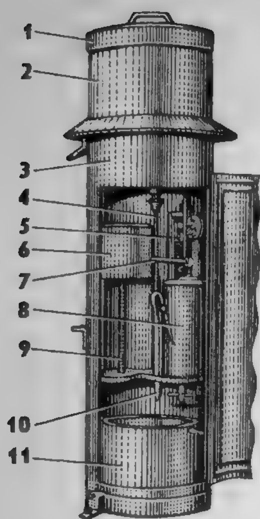


Мал. 4 9. Палявы дажджамер

каў служыць верхняя частка *2* шафы, якая ў час захоўвання або транспарціроўкі зачыняецца накрыўкай *1*. Прыёмная частка ў сярэдзіне паступова звужаецца і нагадвае конус з некалькімі адтулінамі для сцёку вады. Вяршыня конуса з адтулінамі ўваходзіць у трубку *4*, па якой ападкі накіроўваюцца ў паплаўковую камеру *8*. Ападкі, што трапляюць у камеру, уздымаюць паплавок і злучаны з ім шпень са стрэлкай , на канцы якой знаходзіцца пяро *7*. Пяро, напоўненае чарнілам, дакранаецца да стужкі, накладзенай на барабан *6* з гадзіннікавым механізмам, што варочаецца на восі *9*. Пяро на стужцы вычэрчвае крывую лінію, вугал нахілу якой адпавядае інтэнсіўнасці ападкаў. У час адсутнасці ападкаў пяро вычэрчвае прамую гарызантальную лінію.

Зверху над паплаўковай камерай *8* зманціравана прыстасаванне *5*, якое забяспечвае прымусовае зліццё ападкаў пры пэўным узроўні іх у паплаўковай камеры *8* праз сіфон *10*. На дне шафы *3* знаходзіцца конаўка *11*, куды праз сіфон зліваюцца ападкі кожны раз, як толькі

іх набіраецца ў камеры 10 мм. Пры гэтым пяро прачэрчвае на ленце вертыкальную прамую лінію зверху да нулявога дзялення стужкі.



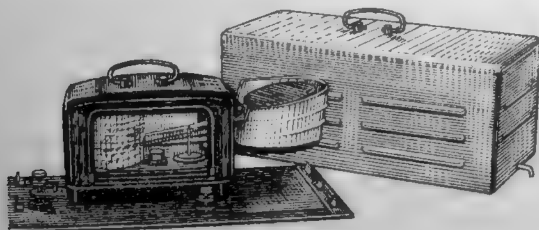
Мал. 50. Плювіёграф

Стужка плювіёграфа апрацоўваецца. Пры дапамозе графіка на ёй вызначаюць пачатак і канец, колькасць, працягласць ападкаў, а таксама іх інтэнсіўнасць, г. зн. колькасць ападкаў, якая выпадае ў адзінку часу (мм/мін).

Плювіёграф замацоўваецца на метэапляцоўцы на драўляным слупе побач з ападкамерам. Прыёмная частка прыбора павінна знаходзіцца на вышыні 2 м ад паверхні зямлі і мець строга гарызантальнае становішча. На перыяд халоднай пары года плювіёграф знімаецца і захоўваецца ў памяшканні.

РАСОГРАФ

Для бесперапыннай рэгістрацыі расы, якая выпала, выкарыстоўваецца самапісец – расограф (мал. 51). Прыбор складаецца з асноўнага прыёмніка, квадратных шаляў, ураўнаважваючага груза,


Мал. 51. Расограф

малога прыёмніка і рэгістрацыйнай часткі. На адным канцы каромысла шаляў замацаваны прыёмнік расы, які ўяўляе сабой конусападобную талерку з вініпласта, а на другім – ураўнаважваючы груз. Колькасць расы, якая выпала, вызначаецца па адхіленні каромысла, з якім злучана стрэлка з пяром. Пяро ажыццяўляе запіс на паперовай стужцы барабана, які варочаецца пры дапамозе гадзіннікавага механізма.

АПАДКІ, ЯКІЯ ЎТВАРАЮЦЦА НА ПАВЕРХНІ ЗЯМЛІ І НА ПРАДМЕТАХ

Р а с а ўяўляе сабой дробныя кропелькі вады, што ўтвараюцца на паверхні глебы, раслін і прадметах у ясныя ціхія ночы пры тэмпературы паветра вышэй нуля. Утварэнне расы абумоўлена кандэнсацыяй вадзяной пары на больш халодных паверхнях, чым само паветра. Ахаладжэнне прадметаў адбываецца ў выніку радыяцыйнага выпраменьвання, характэрнага для бязвоблачнага неба. Спорная раса можа даць за адну ноч да 0,5 мм вільгаці.

І н е й – белыя, цвёрдыя, дробнакрышталічныя ападкі, якія ўтвараюцца на паверхні травы, лісця, дрэў, стрэхах, дошках, снегавога покрыва шляхам сублімацыі вадзяной пары. Так, як і раса, іней утвараецца ў перыяд устойлівага надвор'я пры інтэнсіўным радыяцыйным ахаладжэнні, але пры адмоўных тэмпературах.

З я р н і с т а я ш э р а н ь – снегападобныя рыхлыя ападкі некрышталічнай будовы. Яна ўзнікае на правадах, галінках дрэў і г.д. у туманнае, ветранае надвор'е пры тэмпературы паветра ад -2 да -7°С (і ніжэй).

Зярністая шэрань утвараецца ў выніку намярзання на прадметах кропель туману, якія атрымліваюць снегападобны выгляд. Пры павышэнні тэмпературы паветра і ўзбуйненні кропель туману шчыльнасць зярністай шэрані павялічваецца і яна паступова пераходзіць у галалёд. І наадварот, з узмацненнем марозу і аслабленнем ветру шчыльнасць зярністай шэрані памяншаецца і яна паступова змяняецца крышталічнай шэранню.

К р ы ш т а л і ч н а я ш э р а н ь – белыя ападкі з дробных крышталяў лёду, якія аселі на прадметах у выглядзе пушыстых гірляндаў. Яна ўтвараецца пераважна ноччу ў яснае ціхае надвор'е ў працэсе сублімацыі, якая адбываецца пры тэмпературы паветра

ніжэй - 15°С, наяўнасці ледзянога туману ці іголак і адноснай вільготнасці каля 100 %.

Г а л а л ё д – слой матавага або празрыстага лёду, які ўтвараецца на прадметах у выніку намярзання кропель пераахалоджанага дажджу, імжы ці туману, а таксама пры сутыкненні кропель ападкаў з прадметамі, тэмпература якіх ніжэй 0°С. Адклады галалёду могуць дасягаць таўшчыні некалькіх сантыметраў і выклікаць пашкоджанні галін дрэў, правадоў, слупоў і г.д.

Г а л а л ё д з і ц а – лёд або абледзянелы снег на паверхні зямлі, што ўтвараецца ў выніку замярзання вадкіх ападкаў – дажджу, імжы, кропель туману, мокрага снегу, а таксама пасля замярзання расталай вады на паверхні зямлі.

І н т э н с і ў н а с ц ь   а т м а с ф е р н ы х   з ’ я ў вызначаецца на вока. Каля знака атмасфернай з’явы ставіцца адпаведны паказчык. Калі назіраецца з’ява слабай сілы, ставіцца паказчык ^{0}, пры з’яве моцнай інтэнсіўнасці – паказчык ^{2}. Адсутнасць паказчыка ўказвае на наяўнасць з’явы сярэдняй інтэнсіўнасці. Адзначаецца таксама пачатак і канец з’явы.

Прыклад: $\equiv^0\ 3^{30} - 8^{20}$, $*9^{15} - 12^{20}$, $,^2 14^{25} - 16^{40}$.

УМОЎНЫЯ ЗНАКІ АТМАСФЕРНЫХ З’ЯЎ

В а д к і я   а п а д к і

• — дождж

∇̇ — ліўневы дождж

, — імжа

Ц в ё р д ы я   а п а д к і

✳ — снег

∇ — ліўневы снег

△ — снегавая крупа

△ — снегавое зерне

△ — ледзяная крупа

△ — ледзяны дождж

▲ — град

⟷ — ледзяныя іголкі

Змешаныя ападкі

— мокры снег

— ліўневы мокры снег

Гідраметэоры

Вадкія

— раса

Цвёрдыя

— іней

— галалёд

— зярністая шэрань

— крышталічная шэрань

— галалёдзіца

Туманы

— туман

— ледзяны туман

— туман, які прасвечваецца

— ледзяны туман, які прасвечваецца

— паземны туман

— паземны ледзяны туман

— навакольны туман

— паранне мора (возера, ракі)

— смуга

Мяцеліцы

— мяцеліца агульная

— мяцеліца нізавая

— замець

— снегавая імжа

Літаметэоры

— пыл, завіслы ў паветры

— пылавая замець

— пылавая бура

— імжа

Электрычныя з'явы

— навальніца

— бліскавіца

— палярнае ззянне

Аптычныя з'явы

— міраж

Некласіфікаваныя з'явы

— шквал

— віхор

— смерч

Задачы

1. Вызначыць колькасць ападкаў, калі лік дзяленняў па вымяральнай шклянцы ападкамера роўны 18, 64, 99.

2. У час дажджу выпала 9,6 мм ападкаў. Якая маса вады выпала на плошчу 1 $м^2$, 1 га, 1 $км^2$?

3. Па шматгадовых даных, сярэдняя гадавая сума ападкаў складае ў Мінску 696 мм, у Батумі 2465 мм, Чэррапунджы 12 000 мм. Якая маса вады выпадае ў гэтых раёнах за год на плошчу 1 га?

4. Вылічыць сярэднюю інтэнсіўнасць дажджу працягласцю 15 мін, калі колькасць вады, якая выпала, склала 58 дзяленняў вымяральнай шклянкі ападкамера.

5. Лівень інтэнсіўнасцю 1 мм/мін працягваўся 15 мін, а заложны дождж інтэнсіўнасцю 0,01 мм/мін – 15 гадз. За які з гэтых двух перыядаў выпала больш за ўсё вады?

6. Заложны дождж, што працягваўся 8 гадз, даў 7 мм ападкаў. Вызначыць інтэнсіўнасць дажджу.

7. Пабудаваць гістаграму гадавога ходу ападкаў (мм) па даных адной з метэастанцый, якія прыведзены ў дадатку 19.

Кантрольныя пытанні

1. Якія існуюць віды ападкаў?
2. Якімі велічынямі характарызуюць ападкі?
3. Што ўваходзіць у камплект ападкамера Траццякова?
4. Для чаго існуе засцярога ападкамера?
5. Для чаго патрэбна дыяфрагма ў ападкамерным вядры?
6. Парадак правядзення назіранняў за колькасцю ападкаў пры дапамозе ападкамера Траццякова.
7. Прызначэнне і будова сумарнага ападкамера.
8. Будова палявога дажджамера.
9. Плювіёграф і яго будова.
10. У якую пару года можна карыстацца плювіёграфам?
11. Прынцып работы плювіёграфа.
12. Якія характарыстыкі ападкаў магчыма атрымаць, калі маеш плювіёграму?
13. Гідраметэоры і іх утварэнне.
14. Расограф, яго прызначэнне, будова і прынцып работы.
15. Парадак правядзення назіранняў за атмасфернымі з'явамі.

Раздзел 9

СНЕГАВОЕ ПОКРЫВА

Назіранні за снегавым покрывам уключаюць у сябе вымярэнне яго вышыні і шчыльнасці, вызначэнне запасаў вады, якая ўтрымліваецца ў снезе, наяўнасці і таўшчыні ледзяной скарынкі, слоя вады на глебе, стану паверхні глебы (расталая ці мёрзлая), ступені пак-

рыцця паверхні глебы снегам і характару залягання снегавога покрыва.

У практыцы ўсталяваліся наступныя віды назіранняў за снегавым покрывам: 1) штодзённыя; 2) ландшафтна-маршрутныя снегамерныя здымкі; 3) спецыяльныя снегамерныя здымкі.

Штодзённа раніцай вызначаюць наяўнасць снегавога покрыва, ступень пакрыцця і характар залягання, яго вышыню. Вызначэнне гэтых характарыстык пачынаюць з моманту ўтварэння да моманту поўнага знікнення снегавога покрыва.

Ступень пакрыцця ацэньваюць па 10-бальнай сістэме. Так, калі снегам пакрыта 0,1 плошчы бачнага наваколля, то ў кніжцы запісваюць 1 бал; калі ж снегам пакрыта ўсё наваколле – запісваюць 10 балаў. Пры пакрыцці снегам менш 0,1 плошчы ставіцца 0. Характар залягання снегавога покрыва вызначаюць вакамерна. Пры гэтым адзначаюць яго наступныя характарыстыкі: раўнамерны (без гурбаў), з невялікімі гурбамі, без агаленняў, з агаленнямі, з праталінамі, ляжыць месцамі.

Вышыня снегавога покрыва вымяраецца пры дапамозе трох пастаянных снегамерных рэек, устаноўленых восенню ў вяршынях трохвугольніка з даўжынёй стараны 10 м. Вышыня покрыва вылічваецца як сярэдняе арыфметычнае з адлікаў па трох рэйках.

Акрамя назіранняў на пастаяннай метэапляцоўцы дадаткова праводзяць дэкадныя снегамерныя здымкі па маршруце, які пралягае праз элементы ландшафта, характэрныя для навакольнай мясцовасці (розныя формы рэльефа, тыпы расліннасці, яры, лагчыны і г.д.). Пры ландшафтна-маршрутных здымках вышыню снегавога покрыва вымяраюць пераноснай снегамернай рэйкай праз кожныя 10 або 20 м, а шчыльнасць снегу – пры дапамозе вагавага снегамера праз 100 або 200 м.

СНЕГАМЕРНЫЯ РЭЙКІ

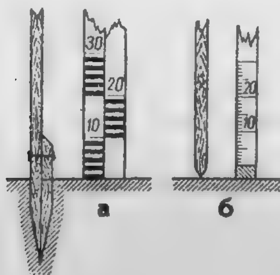
Пастаянныя снегамерныя рэйкі ўстанаўліваюцца ўвосень перад утварэннем снегавога покрыва. Для гэтага забіваюць у глебу драўляны завостраны брусок даўжынёй 40 – 60 см, на якім папярэдне запілавана прыступка, якая павінна знаходзіцца на ўзроўні паверхні глебы (мал. 52, а). На гэту прыступку замацоўваецца рэйка, нулявое дзяленне якой сумяшчаецца з паверхняй глебы. Адлікі па рэйцы бяруцца з дакладнасцю да 1 см. Пры гэтым назіральнік павінен знаходзіцца на адлегласці 2 – 3 м ад рэйкі.

Пераносная снегамерная рэйка ўяўляе сабой прамавугольны драўляны брусок даўжынёй 180 см, таўшчынёй 2 см і шырынёй 4 см. На адным баку рэйкі нанесена шкала з сантыметровымі дзяленнямі (мал. 52, б). На яе ніжнім канцы маецца завостраны металічны наканечнік, якім рэйка апускаецца вертыкальна ў снег. Пры гэтым яна павінна даходзіць да паверхні глебы.

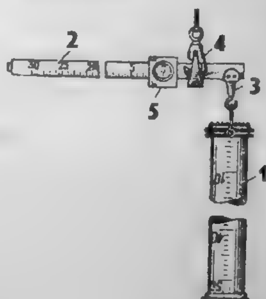
ВАГАВЫ СНЕГАМЕР

Вагавы снегамер выкарыстоўваецца для вызначэння шчыльнасці снегу: адносіны масы снегу да яго аб'ёму. Ён складаецца са снегазаборніка, вагаў і рыдлёўкі (мал. 53). Снегазборнік *1* уяўляе сабой пусты металічны цыліндр вышынёй 60 см, плошчай сячэння 50 см^2. Адзін канец цыліндра шчыльна зачыняецца накрыўкай, а другі – патоўшчаны і завостраны ў выглядзе пілы. Звонку ўздоўж цыліндра нанесены сантыметровыя дзяленні. Нулявое дзяленне супадае з адкрытым пілападобным канцом цыліндра. Зверху цыліндра знаходзіцца кольца, што свабодна перасоўваецца і мае почапку, пры дапамозе якой снегазаборнік падвешваецца да вагаў.

Вагі складаюцца з металічнай лінейкі *2*, на якой маецца шкала з цаной аднаго дзялення 5 г; кожная дзесятая рыска абазначана лічбай. Да кручка *3* вагаў падвешваецца цыліндр з узятай пробай снегу. Пры дапамозе прыстасавання *4* вагі са снегазаборнікам утрымліваюцца ў падвешаным стане. Для ўраўнаважвання вагаў служыць рухомы груз *5*, які свабодна перасоўваецца па лінейцы *2*. Праз адтуліну груза бачна шкала вагаў. На ніжнім краі адтуліны маецца рыска, якая



Мал. 52. Снегамерныя рэйкі:
а – пастаянная; б – пераносная



Мал. 53. Вагавы снегамер

служыць паказальнікам пры адліках па шкале вагаў, пасля іх ураўнаважвання.

Вымярэнні пры дапамозе снегамера робяць у наступным парадку. За паўгадзіны перад назіраннямі снегамер выносяць з памяшкання, каб ён прыняў тэмпературу навакольнага паветра. Потым удакладняюць месца нуля паказанняў вагаў шляхам узважвання пустога снегазаборніка і вызначаюць адпаведнае дзяленне шкалы вагаў у якасці нуля. Пасля цыліндр снегамера апускаюць завостраным канцом вертыкальна ў снег. Па шкале адлічваюць вышыню снегавога покрыва з дакладнасцю да 1 см, адграбаюць снег з аднаго боку снегазаборніка пры дапамозе рыдлёўкі, якая ўваходзіць у камплект снегамера, і акуратна падсоўваюць яе пад ніжні край цыліндра. Не аднімаючы рыдлёўкі, вымаюць заборнік са снегу, пераварочваюць яго накрыўкай уніз і ачышчаюць вонкавую паверхню цыліндра ад снегу.

Узятую пробу снегу ўзважваюць. Для гэтага цыліндр падвешваюць да вагаў, прыводзяць іх у стан раўнавагі, адлічваюць і запісваюць колькасць дзяленняў па шкале лінейкі вагаў. У момант узважвання пробы снегу патрэбна стаяць спінай да ветру.

Пры знаходжанні пад снегавым покрывам ледзяной скарынкі вызначаюць яе таўшчыню ў міліметрах.

Шчыльнасць снегу вылічваецца шляхам дзялення масы ўзятай пробы снегу на яго аб'ём. Маса пробы роўна $5n$, дзе n – колькасць дзяленняў, адлічаных па шкале вагаў, а аб'ём складае $50h$ см^3, дзе h – вышыня снегавога покрыва пры ўзяцці пробы. Адсюль шчыльнасць снегу ρ роўная:

$$\rho = \frac{5n}{50h} = \frac{n}{10h}. \qquad (1)$$

Шчыльнасць снегу вылічваецца з дакладнасцю да сотых, а вынік акругляецца да дзесятых г/см^3. Вымярэнні праводзяць толькі пры вышыні снегавога покрыва не менш 5 см. У тых выпадках, калі магутнасць снегавога покрыва складае больш 60 см, увесь слуп снегу адбіраюць паслядоўна за некалькі разоў. Пры снегаздымках робяць тры вымярэнні на адным месцы, а шчыльнасць снегу вызначаюць як сярэдняе з гэтых вымярэнняў.

Запас вады ў снегавым покрыве (вышыня слоя вады ў міліметрах, які ўтвараецца пасля раставання снегу) вызначаецца

на аснове даных аб шчыльнасці снегу і яго вышыні. Вага вады ўзятай пробы снегу роўная $5n$. Паколькі шчыльнасць вады роўная адзінцы, то аб'ём складае таксама $5n$. Значыць, калі аб'ем раздзяліць на плошчу сячэння снегазаборніка і памножыць на 10, то можна атрымаць вышыню слоя вады ў міліметрах:

$$Q = \frac{5n \cdot 10}{50} = n. \qquad (2)$$

Такім чынам, колькасць дзяленняў, адлічаных па вагах снегамера, адпавядае запасу вады ў снегавым покрыве.

Запас вады ў снезе таксама можа быць вызначаны па наступнай формуле:

$$Q = 10\rho h, \qquad (3)$$

дзе ρ – шчыльнасць снегу; h – вышыня снегавога покрыва; 10 – каэфіцыент для пераводу вышыні слоя вады ў міліметрах.

Для вымярэння запасу вады ў снегавым покрыве маецца спецыяльны прыбор, які дзейнічае на прынцыпе вымярэння аслаблення снегавым покрывам патоку гама-промняў ад крыніцы, якая знаходзіцца пад снегавым покрывам. Прыбор складаецца з металічнай снегамернай рэйкі, на ніжнім канцы якой знаходзіцца Co^{60}, лічыльніка γ-квантаў, пераліковай прылады і схемы, якая мае крыніцу сілкавання.

Задачы

1. Вызначыць шчыльнасць снегу, калі ў час правядзення снегаздымкаў яго вышыня аказалася роўнай 52 см, а паказанні вагаў снегамера склалі 14 дзяленняў.

2. Аб'ём узятай пробы снегу складае 1750 см^3, а яе вага – 500 г. Вызначыць шчыльнасць снегу.

3. Вызначыць запас вады ў снегавым покрыве, калі вышыня яго 50 см, а шчыльнасць складае 0,25 г/см^3.

4. Знайсці масу вады, якая ўтрымліваецца ў снегавым покрыве на плошчы 1 м^2 і 1 га, калі яго магутнасць 32 см, а шчыльнасць снегу 0,06 г/см^3.

5. Вага ўзятай пробы снегу складае 320 г, а аб'ём яе – 1350 см^3. Якая маса вады ўтрымліваецца на плошчы 1 га пры вышыні снегавога покрыва 60 см?

6. У горных цяснінах вышыня снегавога покрыва можа дасягаць 5 м. Колькі літраў вады прыпадае на 1 м^2 паверхні пры шчыльнасці снегу 0,5 г/см^3?

7. Аб'ём узятай пробы снегу складае 2500 см^3, а аб'ём вады, якая ўтварылася пасля раставання гэтай пробы снегу, складае 650 см^3. Вызначыць шчыльнасць снегу.

8. Найбольшая вышыня снегавога покрыва на тэрыторыі Рэспублікі Беларусь назіраецца на метэастанцыях Верхнядзвінск, Мінск, Віцебск. Тут яна складае адпаведна 76 см, 62 см і 55 см. Які слой вады ўтвараецца на кожнай з гэтых станцый пры раставанні снегу, калі сярэдняя шчыльнасць яго складае 0,25 г/см^3?

9. Свежы рыхлы снег пры нізкіх тэмпературах можа мець шчыльнасць 0,03 г/см^3, а ўвесну ў час адлігаў яго шчыльнасць павялічваецца да 0,6 г/см^3. Які слой вады ўтвараецца ў першым і другім выпадках пры вышыні снегавога покрыва 50 см?

10. Які слой вады ўтвараецца пры раставанні снегу, калі аб'ём узятай пробы снегу складае 2700 см^3, маса вады 800 г, а вышыня снегавога покрыва 50 см?

Кантрольныя пытанні

1. Якія характарыстыкі снегавога покрыва вымяраюцца на метэастанцыях?
2. Методыка вызначэння характарыстык снегавога покрыва.
3. Снегамерныя рэйкі і іх выкарыстанне.
4. Будова вагавага снегамера.
5. Парадак правядзення вымярэнняў шчыльнасці снегу пры дапамозе вагавага снегамера.
6. Якія патрабаванні існуюць да выбару ўчасткаў для правядзення ландшафтна-маршрутных снегаздымкаў?
7. Якім чынам можна падлічыць запас вады ў снегавым покрыве?

Раздзел 10

ВЕЦЕР

Пад ветрам разумеецца гарызантальны рух паветра адносна зямной паверхні. На метэаралагічных станцыях вызначаюць напрамак і скорасць ветру. Напрамкам ветру прынята лічыць той бок гарызонта, адкуль дзьме вецер. Прынята 16-румбавая сістэма вызначэння напрамку ветру. У табл. 10 пералічаны беларускія і міжнародныя назвы румбаў і прыведзены адпаведныя ім значэнні напрамку ў вуглавых градусах. Напрамак ветру ў градусах пачынаюць адлічваць з поўначы па гадзіннікавай стрэлцы.

Скорасць ветру вымяраецца ў метрах у секунду (м/с), у кіламетрах у гадзіну (км/гадз) ці ў балах.

Скорасць і напрамак ветру – вельмі зменлівыя характарыстыкі фізічнага стану атмасферы. Таму скорасць ветру прынята браць у сярэднім за дзесяцімінутны, а напрамак – за двухмінутны інтэрвалы часу. Пры гэтым адзначаецца таксама максімальны парыў ветру (максімальная скорасць). Акрамя таго, вызначаецца зменлівасць скорасці і напрамку ветру, або яго парывістасць. Парывістасць

Табліца 10. **Назвы і абазначэнні румбаў і іх значэнні ў градусах**

Назва	Абазначэнне		Градусы	
	беларускае	міжнароднае	ад	да
Паўночна-паўночна-ўсходні	ПнПн У	NNE	12	33
Паўночна-ўсходні	Пн У	NE	34	56
Усходне-паўночна-ўсходні	УПнУ	ENE	57	78
Усходні	У	E	79	101
Усходне-паўднёва-ўсходні	УПдУ	ESE	102	123
Паўднёва-ўсходні	ПдУ	SE	124	146
Паўднёва-паўднёва-ўсходні	ПдПдУ	SSE	147	168
Паўднёвы	Пд	S	169	191
Паўднёва-паўднёва-заходні	ПдПдЗ	SSW	192	213
Паўднёва-заходні	ПдЗ	SW	214	236
Заходне-паўднёва-заходні	ЗПдЗ	WSW	237	258
Заходні	З	W	259	281
Заходне-паўночна-заходні	ЗПнЗ	WNW	282	303
Паўночна-заходні	ПнЗ	NW	304	326
Паўночна-паўночна-заходні	ПнПнЗ	NNW	327	348
Паўночны	Пн	N	349	11

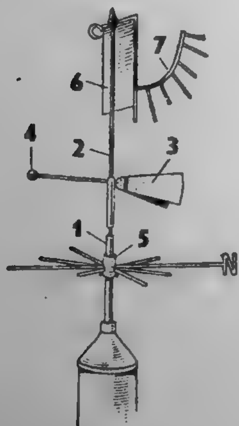
ацэньваецца якасна: па напрамку – пастаянны ці зменлівы, а па скорасці – роўны ці парывісты.

Пры назіраннях за ветрам на метэаралагічных станцыях выкарыстоўваюць розныя прыборы.

ФЛЮГЕР

Флюгер з'яўляецца найбольш простым па будове і шырока распаўсюджаным прыборам для вымярэння скорасці і напрамку ветру. Ён дазваляе таксама ацэньваць ступень парывістасці і максімальныя значэнні скорасці ветру. Флюгер мае наступную будову (мал. 54). На нерухомым вертыкальным стрыжні *1* пры дапамозе ўтулкі *5* прымацаваны восем металічных штыфтоў, адпаведна арыентаваных па кірунках свету, якія з'яўляюцца паказальнікамі напрамку ветру. Да штыфта, звернутага на поўнач, прымацавана металічная літара N. На вастрыё стрыжня *1* надзета рухомая трубка *2*, на якой зманціравана флюгарка і паказальнік скорасці ветру. Флюгарка складаецца з дзвюх лопасцей *3*, якія разыходзяцца пад вуглом 22°. Лопасці ўраўнаважваюцца процівагай *4* у выглядзе металічнага шара, які пад уздзеяннем ветру заўсёды ўстанаўліваецца ўздоўж яго напрамку і паказвае, адкуль ён дзьме.

Паказальнік скорасці ветру замацаваны на верхнім канцы трубкі *2*. Ён складаецца з металічнай дошкі *6*, якая свабодна хістаецца пад уздзеяннем ветру. Хістанне дошкі адбываецца ўздоўж дугі *7* з васьмю штыфтамі, кожнаму з якіх адпавядае пэўная скорасць ветру. Дуга з штыфтамі, якая лічбавана ад 0 да 7, служыць шкалой скорасці.



Мал. 54. Флюгер

Дошка флюгаркі мае даўжыню 300 мм і шырыню 150 мм. Яе маса можа быць 200 г (лёгкая дошка) або 800 г (цяжкая дошка). Пад уздзеяннем ветру флюгарка ўстанаўліваецца ў яго напрамку, а дошка аказваецца заўсёды перпендыкулярнай гэтаму напрамку. Апошняя адхіляецца на вугал, які залежыць ад ско-

расці ветру, і ўстанаўліваецца побач з адпаведным штыфтом. Пры дапамозе флюгера з лёгкай дошкай можна вымяраць скорасць ветру да 20 м/с, а з цяжкай – да 40 м/с.

Флюгер устанаўліваецца на металічнай мачце на вышыні 10 – 12 м ад паверхні зямлі з такой умовай, каб паветраная плынь не скажалася навакольнымі збудаваннямі і расліннасцю. Флюгер арыентуецца па кірунках свету. Для гэтага штыфт з літарай N устанаўліваецца на поўнач, якую знаходзяць пры дапамозе паўднёвай лініі. Ноччу флюгер асвятляецца электрычнымі лямпачкамі ці пражэктарам.

Пры вызначэнні напрамку ветру па флюгеры назіральнік павінен стаяць побач з мачтай; на працягу 2 мін назіраць за становішчам паказальніка флюгаркі і адзначаць сярэдняе яе месцазнаходжанне ў адносінах да штыфтоў, якія паказваюць кірункі свету.

Для вызначэння с к о р а с ц і в е т р у назіральнік павінен адысці ад мачты і стаць у напрамку, перпендыкулярным становішчу флюгаркі. На працягу 2 мін неабходна сачыць за хістаннямі дошкі і вызначаць яе сярэдняе становішча за гэты прамежак часу ў адносінах да штыфтоў.

У кніжку назіранняў запісваецца напрамак ветру і нумар штыфта, каля якога ці паміж якімі адзначана сярэдняе становішча дошкі. Потым скорасць ветру пераводзіцца ў метры ў секунду пры дапамозе табл. 11 і запісваецца наступным чынам:

Флюгер ПдУ 1 – 2 л – 3 м/с;
ПнПнЗ 3 – 4 ц – 14 м/с.

У першым выпадку назіранні праводзіліся па флюгеры з лёгкай дошкай, у другім – з цяжкай.

Т а б л і ц а 11. **Вызначэнне скорасці ветру (м/с) па флюгеры з лёгкай і цяжкай дошкай**

Дошка	Становішча дошкі каля штыфта														
	0	0-1	1	1-2	2	2-3	3	3-4	4	4-5	5	5-6	6	6-7	7
Лёгкая	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	17	20
Цяжкая	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	28	34	40

Па флюгеры вызначаецца таксама характар ветру. Напрамак ветру лічыцца п а с т а я н н ы м, калі на працягу назіранняў процівагапаказальнік вагаецца ў межах аднаго румба. У другіх выпадках вецер вызначаецца як з м е н л і в ы. Вецер называюць

роўным, калі дошка вагаецца на працягу 2 мін каля аднаго штыфта ці паміж двума суседнімі штыфтамі. Калі амплітуда ваганняў больш двух штыфтоў, вецер характарызуюць парывістым.

РУЧНЫ МІСАЧНЫ АНЕМОМЕТР

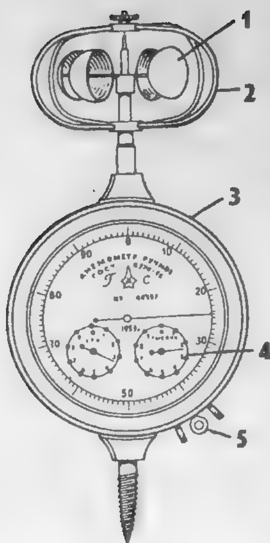
Анемометры выкарыстоўваюцца для вымярэння сярэдняй скорасці ветру ў межах ад 1 да 20 м/с за пэўны прамежак часу. Прыёмнай часткай гэтага прыбора з'яўляецца невялікая вяртушка з чатырма паўсферычнымі міскамі *1* (мал. 55). Вяртушка замацавана на восі і засцярожана ад псавання спецыяльнай рамкай *2*. На ніжнім канцы восі маецца шрубавая нарэзка, злучаная з шасцярончатым механізмам, які знаходзіцца ў пластмасавым ці металічным корпусе *3*. Шасцярончаты механізм уяўляе сабой лічыльнік колькасці абаротаў вяртушкі пры ўздзеянні на яе ветру. Лічыльнік звязаны з трыма стрэлкамі, якія перасоўваюцца ўздоўж трох цыферблатаў *4*. На вялікім цыферблаце нанесены дзесяткі, на другім – сотні, а на трэцім тысячы дзяленняў.

Збоку на корпусе маецца рычаг (арэцір) *5*, пры дапамозе якога ўключаецца і выключаецца лічыльны механізм. Пры адключаным лічыльніку вяртушка варочаецца пад уплывам ветру ўхаластую, а пры ўключаным – кручэнне вяртушкі перадаецца на стрэлкі цыферблатаў. З двух бакоў ад арэціра знаходзяцца два кольцы, праз якія працягваецца шнурок, прымацаваны да арэціра. Шнуркам карыстаюцца для ўключэння лічыльніка, калі анемометр знаходзіцца на значнай вышыні. Знізу пад корпусам маецца стрыжань са шрубавай нарэзкай, прызначаны для ўстаноўкі анемометра на драўляным слупе.

У час назіранняў анемометр устанаўліваюць вертыкальна на патрэбнай вышыні, укручваючы яго шрубу ў верхавіну драўлянага слупа. Назіральнік павінен стаяць тварам да ветру, а шкальны бок прыбора – павернуты да назіральніка. Потым робяць і запісваюць пачатковы адлік па ўсіх трох шкалах, пасля чаго адначасова ўключаецца лічыльнік анемометра (перавесці арэцір у верхняе становішча) і секундамер на некаторы час (звычайна на 10 мін). Атрымаўшы другі адлік, вызначаюць рознасць паміж двума адлікамі. Рознасць адлікаў дзеляць на колькасць секунд, якую працаваў анемометр, і вызначаюць сярэднюю колькасць дзяленняў у адну секунду.

Скорасць ветру ў метрах у секунду знаходзяць у паверачным пасведчанні, якое прыкладваецца да кожнага экземпляра анемометра.

Існуюць другія тыпы анемометраў. Да іх адносіцца ручны індукцыйны анемометр, у канструкцыі якога выкарыстаны прынцып узаемадзеяння электрамагнітнага поля, якое індуцыруецца пры вярчэнні трохмісачнай вяртушкі, што пасаджана на агульную з магнітным тахометрам вось, і магнітнага поля пастаяннага магніта.



Мал. 55. Ручны місачны анемометр

Акрамя таго, маецца шэраг місачных кантактных анемометраў, якія выкарыстоўваюцца для дыстанцыйнага вымярэння скорасці ветру. Іх дзеянне заснавана на прыстасаванні, якое стварае кантакт пры дапамозе кулачка ці пастаяннага магніта. Кулачок ці магніт прыводзяцца ў рух місачнай вяртушкай. Праз пэўную колькасць абаротаў вяртушкі кантактнае прыстасаванне замыкае электрычны ланцуг. Электрычныя імпульсы рэгіструюцца лічыльнікам за пэўны прамежак часу. Колькасць такіх імпульсаў залежыць ад хуткасці вярчэння вяртушкі.

АНЕМАРУМБАМЕТРЫ

Анемарумбаметры служаць для дыстанцыйнага вымярэння скорасці і напрамку ветру. Акрамя таго, гэты прыбор дае ўяўленне аб парывістасці ветру. Ён складаецца з датчыкаў скорасці і напрамку ветру, вымяральнай прылады і крыніцы сілкавання (мал. 56). У якасці датчыка скорасці ветру выкарыстоўваецца васьмілопасцевы паветраны вінт, а ў якасці датчыка напрамку ветру служыць флюгарка. Электрычныя імпульсы, што ўзнікаюць у датчыках пры ўздзеянні паветраных плыняў, перадаюцца па кабелі даўжынёй да 100 м на вымяральную прыладу.

Анемарумбаметр можа злучацца з рэгістратарам, які аўтаматычна запісвае на ленце скорасць і напрамак ветру. У такім спалучэнні гэты прыборны комплекс называецца анемарумбаграф.

Задачы

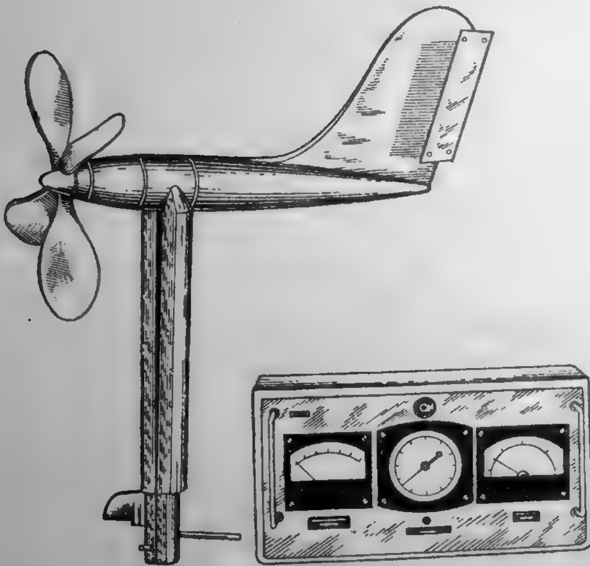
1. Вызначыць напрамак ветру ў румбах, калі плынь рухаецца: а) з поўдня на поўнач; б) з захаду на ўсход; в) з усходу паўночнага ўсходу на захад паўднёвы захад.

2. Запісаць напрамак ветру ў румбах, калі пункт гарызонта, адкуль рухаецца паветраная плынь, ляжыць паміж: а) поўначчу і паўночным захадам; б) поўднем і паўднёвым усходам; в) поўначчу і ўсходам.

3. Выразіць у градусах дугі напрамкі ветру: ПнЗ, ПдЗ, ПнПнУ, ПдУ, Пн.

4. Выразіць у румбах напрамкі ветру: 29, 205, 87, 320, 148°.

5. Пабудаваць ружу паўтаральнасці напрамку ветру па даных адной з метэаралагічных станцый, прыведзеных у дадатку 20.



Мал. 56. Анемарумбаметр

Паўтаральнасць напрамку ветру атрымліваюць наступным чынам. Спачатку падлічваюць, колькі разоў назіраўся напрамак ветру па кожным румбе за пэўны перыяд часу. Потым гэту колькасць назіранняў для асобнага румба выражаюць у працэнтах ад агульнай колькасці назіранняў у дадзеным месцы. Паўтаральнасць штыляў таксама бярэцца ў працэнтах ад той жа колькасці назіранняў. Ружа вятроў дае нагляднае ўяўленне аб рэжыме ветру.

Кантрольныя пытанні

1. Як вызначаецца напрамак і скорасць ветру?
2. Як пабудаваны флюгер?
3. У чым заключаецца парадак назіранняў па флюгеры?
4. Якія скорасці ветру вымяраюцца пры дапамозе флюгера з лёгкай і цяжкай дошкай?
5. Будова і парадак выкарыстання анемометра.
6. Якія існуюць другія тыпы анемометраў?
7. Што сабой уяўляюць анемарумбаметры?

Раздзел 11

ДЫСТАНЦЫЙНЫЯ І АЎТАМАТЫЧНЫЯ МЕТЭАРАЛАГІЧНЫЯ СТАНЦЫІ

Дыстанцыйныя і аўтаматычныя метэаралагічныя станцыі ўяўляюць сабой вымяральныя сістэмы, якія складаюцца з сукупных вымяральных і дапаможных сродкаў, злучаных паміж сабой каналамі сувязі, і забяспечваюць атрыманне інфармацыі ў форме, зручнай для аўтаматычнай яе перадачы на вялікія адлегласці.

Метэаралагічныя вымяральныя сістэмы дазваляюць значна паскорыць працэс вымярэння фізічных характарыстык атмасферы. Яны вызваляюць метэаролага-назіральніка ад правядзення непасрэдных

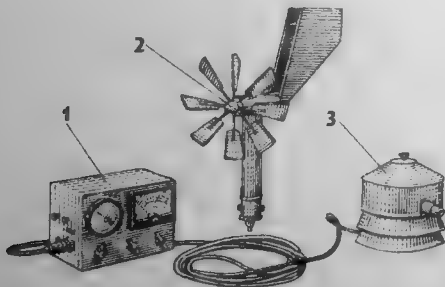
вымярэнняў на метэаралагічнай пляцоўцы, павышаюць аператыўнасць атрымання інфармацыі.

Дыстанцыйная метэаралагічная станцыя прызначана для адпаведнага вымярэння тэмпературы і вільготнасці паветра, скорасці і напрамку ветру (мал. 57). У камплект станцыі ўваходзяць датчыкі скорасці і напрамку ветру *2*, датчыкі тэмпературы і адноснай вільготнасці паветра *3,* вымяральнага пульта *1* і злучальных кабеляў.

У якасці адчувальных элементаў датчыка тэмпературы выкарыстоўваецца медны тэрмарэгістр, а датчыка адноснай вільготнасці – мембрана з жывёльнай плеўкі. Вымяральнае прыстасаванне скорасці і напрамку ветру запазычана з анемарумбаметра. Станцыя сілкуецца ад сеткі пераменнага току ці ад крыніцы пастаяннага току.

Аўтаматычныя метэаралагічныя станцыі прызначаны для перадачы метэаралагічнай інфармацыі па радыё без абслугоўвання на працягу значнага прамежку часу (каля года). Яны ўстанаўліваюцца ў цяжкадаступных раёнах – у Арктыцы, Антарктыцы, высакагорных раёнах і г.д. Работа станцыі (уключэнне, вымярэнне, перадача даных, выключэнне) адбываецца аўтаматычна праз кожныя 3 або 6 гадзін на працягу сутак.

Звычайна такія станцыі маюць сем датчыкаў: тэмпературы паветра, атмасфернага ціску, скорасці і напрамку ветру, ападкаў, сонечнага ззяння, наяўнасці туману. Акрамя таго, у камплект станцыі ўваходзяць блок аўтаматыкі, блок сілкавання і радыёперадачы, ветрагенератар (ветраэлектрычная станцыя).



Мал. 57. Дыстанцыйная метэаралагічная станцыя

Кантрольныя пытанні

1. Як пабудавана дыстанцыйная метэаралагічная станцыя?
2. Што ўяўляе сабой аўтаматычная метэаралагічная станцыя?

Раздзел 12

КЛІМАТАЛАГІЧНЫЯ МАТЭРЫЯЛЫ

Клімат і кліматычныя рэсурсы з'яўляюцца адным з важнейшых прыродных фактараў развіцця ўсіх галін гаспадаркі. Markdown Рознае спалучэнне святла, цяпла і вільготнасці, рэжым вятроў, колькасць ападкаў, снегавое покрыва, тэмпература глебы і другія кліматычныя ўмовы аказваюць глыбокае ўздзеянне на фарміраванне расліннага і жывёльнага свету, глебы і рэльефу мясцовасці. Усе гэтыя фактары прама ці ўскосна ўплываюць на вытворчую дзейнасць чалавека, спрыяюць або перашкаджаюць яе эфектыўнасці.

Крыніцай звестак аб надвор'і і клімаце з'яўляюцца шматгадовыя метэаралагічныя назіранні, што праводзяцца на сетцы стацыянарных метэаралагічных станцый. Даныя штодзённых метэаралагічных назіранняў на станцыях заносяцца ў назіральніцкія кніжкі і месячныя табліцы. Для шырокага выкарыстання метэаралагічных матэрыялаў у навуковых і гаспадарчых мэтах выдаюцца Метэаралагічныя штомесячнікі і штогоднікі, кліматычныя даведнікі і атласы.

У назіральніцкія кніжкі заносяцца штодзённыя тэрміновыя метэаралагічныя і актынаметрычныя назіранні, што праводзяцца на станцыях. Кніжкі паміж сабой адрозніваюцца па форме. Усе метэаралагічныя велічыні, акрамя сонечнай радыяцыі і тэмпературы глебы, заносяцца ў кніжку КМ-1, тэмпература глебы – у КМ-3, сонечная радыяцыя – у КМ-12 і г.д.

Месячныя табліцы складаюцца на метэаралагічных станцыях па даных назіральніцкіх кніжак. Табліцы ўяўляюць сабой вынік першаснай апрацоўкі назіранняў. У іх прыводзяцца значэнні асобных элементаў надвор'я, якія назіраюцца на станцыях. Акрамя таго, у такіх табліцах прыводзяцца некаторыя прасцейшыя статыстычныя характарыстыкі: сярэднядзённыя, сярэднедэкадныя, сярэднямесячныя, іх сумарнае значэнне, найбольшыя і найменшыя велічыні за

кожныя суткі ці месяц, лік дзён з той ці іншай з'явай, частата праяўлення гэтай з'явы.

Матэрыялы непасрэдных назіранняў (кніжкі, табліцы) маладаступныя для шырокага выкарыстання метэаралагічнай інфармацыі. Таму першасны матэрыял штодзённых назіранняў і прасцейшыя статыстычныя характарыстыкі метэаэлементаў публікуюцца ў Метэаралагічных штомесячніках і штогодніках, якія паступаюць у бібліятэкі. Штомесячнікі і штогоднікі прызначаны для забеспячэння і абслугоўвання метэаралагічнымі данымі навукова-даследчых і народнагаспадарчых арганізацый, а таксама для міжнароднага абмену. Іх даныя служаць матэрыялам для складання кліматычных даведнікаў.

КЛІМАТЫЧНЫЯ ДАВЕДНІКІ

Кліматычныя даведнікі ўяўляюць сабой зводкі кліматычных даных у сярэднім за шмат гадоў або за асобныя гады. Кліматычныя даведнікі з'яўляюцца асноўнай крыніцай даных аб клімаце для задавальнення практычных патрэб і для вырашэння навуковых праблем.

Даведнікі, што змяшчаюць сярэднія шматгадовыя характарыстыкі клімату. Такога тыпу даведнікі, якія ахопліваюць даныя назіранняў з усёй сеткі метэаралагічных станцый на тэрыторыі Беларусі, маюць некалькі выданняў. Найбольш поўным па якасці і аб'ёму інфармацыі з'яўляецца выданне пад назвай "Даведнік аб клімаце СССР" (вып. 7, Беларусь, 1967). У гэтым выданні прыведзены даныя па тэмпературы паветра за перыяд з 1881 па 1960 г., па астатніх метэаралагічных элементах – з 1891 па 1960 г. Даведнік складаецца з пяці частак, якія змяшчаюць характарыстыкі асобных элементаў клімату. Частка I – "Сонечная радыяцыя, радыяцыйны баланс і сонечнае ззянне". Частка II – "Тэмпература паветра і глебы". Частка III – "Вецер". Частка IV – "Вільготнасць паветра, ападкі і снегавое покрыва". Частка V – "Хмарнасць і атмасферныя з'явы". Матэрыял у даведніку прадстаўлены ў выглядзе табліц па асобных станцыях з тлумачальным тэкстам да кожнай табліцы. У тэкставай частцы кожнага выпуску прыводзіцца кароткае апісанне агульных заканамернасцей і рэжыму адпаведнага метэаралагічнага элемента, веданне якіх патрэбна для правільнага выкарыстання матэрыялу. У даведніку змяшчаецца ве-

лізарная колькасць табліц з сярэднямесячнымі і сярэднегадавымі значэннямі кліматычных элементаў, а таксама з разліковымі данымі і некаторымі агракліматычнымі характарыстыкамі.

Да агульнакліматычных адносіцца "Навукова-прыкладны даведнік" (вып.7, Беларусь, 1987), што змяшчае вынікі кліматычнай апрацоўкі матэрыялаў назіранняў, атрыманых на метэаралагічных станцыях з працяглымі і аднароднымі радамі назіранняў. Даведнік складаецца з шасці частак. Яны ўключаюць наступныя кліматычныя характарыстыкі: сонечная радыяцыя і сонечнае ззянне (частка 1), тэмпература паветра і глебы (частка 2), вецер і атмасферны ціск (частка 3), вільготнасць, ападкі і снегавое покрыва (частка 4), хмарнасць, атмасферныя з'явы, галалёдна-шэраневыя ўтварэнні (частка 5), комплексы метэаралагічных велічынь (частка 6). У асноўным раздзеле выкладаюцца прапановы па выкарыстанні даных Навукова-прыкладнога даведніка. Ён прызначаны для забеспячэння розных галін народнай гаспадаркі кліматычнай інфармацыяй для мэтаў планавання, праектавання, будаўніцтва, эксплуатацыі энергетычных сістэм, транспарту і г.д., а таксама для навуковых даследаванняў.

Акрамя агульнакліматычных даведнікаў маюцца спецыяльныя выданні, якія характарызуюць кліматычныя ўмовы Рэспублікі Беларусь. Да такіх выданняў адносяцца агракліматычныя і актынаметрычныя даведнікі. Напрыклад, у даведніку "Агракліматычныя рэсурсы Беларусі" прыведзены абагульненыя матэрыялы шматгадовых метэаралагічных і аграметэаралагічных назіранняў над радыяцыйным рэжымам тэрыторыі рэспублікі, тэмпературай паветра і глебы, вільготнасцю паветра і глебы, ападкамі. Падлічаны спецыяльныя паказчыкі: сумы актыўных тэмператур, пачатак і канец вегетацыі розных сельскагаспадарчых культур. Асобна вылучаны раздзел "Небяспечныя для сельскай гаспадаркі з'явы надвор'я", дзе разглядаецца распаўсюджванне ў рэспубліцы засух, працягласць дажджлівых перыядаў і бездажджоўя, небяспечных паніжэнняў тэмпературы паветра і глебы зімой, неспрыяльныя з'явы ўвесну і ўвосень і інш. Па кожнай кліматычный і агракліматычный характарыстыцы побач з сярэднімі разлічаны імаверныя значэнні і статыстычныя параметры. Кожная табліца дапоўнена тлумачэннямі і прыкладамі выкарыстання даных.

Нягледзячы на вялікае значэнне кліматалагічных даведнікаў для абслугоўвання народнай гаспадаркі, узнікаюць складанасці пры вызначэнні кліматычных паказчыкаў для раёнаў, дзе метэаралагічныя назіранні адсутнічаюць. Ад гэтых складанасцей пазбаўляюцца шляхам стварэння кліматычных карт, якія даюць нагляднае ўяўленне аб геаграфічных заканамернасцях размеркавання кліматычных элементаў. Кліматычныя карты дазваляюць для любога пункта вызначыць шляхам інтэрпаляцыі колькасныя характарыстыкі розных элементаў клімату і ў комплексе разглядаюць іх прасторавую сувязь. Пры гэтым шматлікія паказчыкі могуць быць нанесены на карту рознымі абазначэннямі (ізалініямі, лініямі току, стрэлкамі, фарбамі, лічбамі, умоўнымі знакамі).

Яскравым прыкладам комплекснай кліматычнай карты з'яўляюцца звычайныя сінаптычныя карты, якія ўяўляюць надзвычайную каштоўнасць. На такіх картах наносяцца не толькі характарыстыкі надвор`я для асобных пунктаў, але адлюстроўваецца сувязь гэтых характарыстык у прасторы.

Пры складанні кліматычных карт выкарыстоўваюцца розныя маштабы і праекцыі. Мінімальным памерам кліматычный карты лічацца маштабы 1:40 000 000 для сусветных карт і 1:20 000 000 для карт мацерыкоў. Для кліматычных карт Беларусі пры існуючай гушчыні сеткі метэаралагічных станцый дапушчаны маштабы 1:6 000 000 і 1:3 000 000.

Што датычыцца выбару праекцый, то кліматычныя карты больш адчувальныя да скажэнняў вуглоў, чым маштабаў. Для сусветных карт, асабліва для экватарыяльных краін, лепш за ўсё цыліндрычныя і псеўдацыліндрычныя праекцыі. Для краін умеранай зоны, у тым ліку і для Беларусі, больш падыходзяць канічныя роўнапрамежкавыя праекцыі.

Зыходны лічбавы матэрыял наносіцца на карту тушшу ці чарнілам. Каб у час правядзення алоўкам лініі можна было ў выпадку неабходнасці сціраць, не пашкоджваючы нанесеныя лічбы. Далей, шляхам лінейнай інтэрпаляцыі праводзяцца ізалініі папярэдне выбраных пэўных значэнняў кліматычнага элемента.

Ёсць і другія формы метэаралагічных матэрыялаў. Сюды адносяцца рознага роду агляды і бюлетэні надвор`я: гадавыя, сезонныя, месячныя, дэкадныя, штодзённыя.

ДАДАТКІ

Дадатак 1

УРАЎНЕННЕ ЧАСУ[1]

(розніцa паміж сярэднім і сапраўдным сонечным часам)

Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	3	13	12	4	-3	-2	4	6	0	-10	-16	-11
2	4	14	12	4	-3	-2	4	6	0	-11	-16	-11
3	4	14	12	3	-3	-2	4	6	-1	-11	-16	-10
4	4	14	12	3	-3	-2	4	6	-1	-11	-16	-10
5	5	14	12	3	-3	-2	4	6	-1	-11	-16	-9
6	5	14	11	3	-3	-2	5	6	-2	-12	-16	-9
7	6	14	11	2	-3	-1	5	6	-2	-12	-16	-9
8	6	14	11	2	-4	-1	5	6	-2	-12	-16	-8
9	7	14	11	2	-4	-1	5	5	-3	-13	-16	-8
10	7	14	10	1	-4	-1	5	5	-3	-13	-16	-7
11	7	14	10	1	-4	-1	5	5	-3	-13	-16	-7
12	8	14	10	1	-4	0	5	5	-4	-13	-16	-6
13	8	14	10	1	-4	0	6	5	-4	-14	-16	-6
14	9	14	9	0	-4	0	6	5	-4	-14	-16	-5
15	9	14	9	0	-4	0	6	4	-5	-14	-15	-5
16	9	14	9	0	-4	0	6	4	-5	-14	-15	-4
17	10	14	9	0	-4	1	6	4	-5	-15	-15	-4
18	10	14	8	-1	-4	1	6	4	-6	-15	-15	-4
19	10	14	8	-1	-4	1	6	4	-6	-15	-15	-3
20	11	14	8	-1	-4	1	6	3	-6	-14	-14	-3
21	11	14	7	-1	-4	2	6	3	-7	-15	-14	-2
22	11	14	7	-1	-3	2	6	3	-7	-15	-14	-2
23	12	14	7	-2	-3	2	6	3	-8	-16	-14	-1
24	12	13	6	-2	-3	2	6	2	-8	-16	-13	-1
25	12	13	6	-2	-3	2	6	2	-8	-16	-13	0
26	12	13	6	-2	-3	3	6	2	-9	-16	-13	0
27	13	13	6	-2	-3	3	6	2	-9	-16	-12	1
28	13	13	5	-2	-3	3	6	1	-9	-16	-12	1
29	13	13	5	-3	-3	3	6	1	-10	-16	-12	2
30	13	-	5	-3	-3	3	6	1	-10	-16	-11	2
31	13	-	4	-	-2	-	6	0	-	-16	-	3

[1] Астрономический календарь на 1968 г. – М.: Наука, 1967.

Дадатак 2

ГЕАГРАФІЧНАЯ ДАЎГАТА НЕКАТОРЫХ НАСЕЛЕНЫХ ПУНКТАЎ РЭСПУБЛІКІ БЕЛАРУСЬ

Назва пункта	Усходняя даўгата	Назва пункта	Усходняя даўгата
Бабруйск	29°19′	Нарач	26°47′
Барысаў	28°34′	Орша	30°30′
Браслаў	27°06′	Паставы	26°48′
Брод	28°18′	Петрыкаў	28°34′
Бярэзіна	29°04′	Пінск	26°11′
Брэст	23°42′	Полацк	28°50′
Віцебск	30°16′	Пружаны	24°32′
Гомель	31°05′	Пяскі	24°42′
Гродна	23°53′	Рагачоў	30°08′
Добруш	31°22′	Ружаны	24°53′
Касцюковічы	32°08′	Слаўгарад	31°05′
Круглае	29°52′	Слонім	25°24′
Лепель	28°46′	Стоўбцы	26°48′
Лепіна	30°51′	Сураж	30°40′
Лоеў	30°52′	Сянно	29°43′
Магілёў	30°24′	Тураў	27°48′
Мазыр	29°19′	Чэрск	23°46′
Маладзечна	26°56′	Чэрыкаў	31°28′
Масты	24°42′	Шаркаўшчына	27°32′
Мінск	27°31′	Яршы	27°06′

Дадатак 3

ПРЫВЯДЗЕННЕ ПАКАЗАННЯЎ БАРОМЕТРА ДА ТЭМПЕРАТУРЫ 0°С

Тэмпература	Паказанні барометра								
	мм рт. сл.				гПа				
	750	760	770	780	990	1000	1010	1020	1030
± 10,0	∓ 1,2	∓ 1,2	∓ 1,3	∓ 1,3	∓ 1,6	∓ 1,6	∓ 1,6	∓ 1,6	∓ 1,7
10,5	1,3	1,3	1,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8
11,0	1,3	1,4	1,4	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
11,5	1,4	1,4	1,4	1,5	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
12,0	1,5	1,5	1,5	1,6	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
12,5	1,5	1,6	1,6	1,6	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1
13,0	1,6	1,6	1,6	1,6	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2
13,5	1,6	1,7	1,7	1,7	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3
14,0	1,7	1,7	1,8	1,8	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4
14,5	1,8	1,8	1,8	1,8	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4
15,0	1,8	1,8	1,9	1,9	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5
15,5	1,9	1,9	1,9	2,0	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6
16,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7
16,5	2,0	2,0	2,1	2,1	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8
17,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8
17,5	2,1	2,2	2,2	2,2	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9
18,0	2,2	2,2	2,3	2,3	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0
18,5	2,3	2,3	2,3	2,4	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1
19,0	2,3	2,4	2,4	2,4	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2
19,5	2,4	2,4	2,4	2,5	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3
20,0	2,4	2,5	2,5	2,5	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3
20,5	2,5	2,5	2,6	2,6	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4
21,0	2,6	2,6	2,6	2,6	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5
21,5	2,6	2,7	2,7	2,7	3,5	3,5	3,5	3,6	3,6
22,0	2,7	2,7	2,8	2,8	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7
22,5	2,7	2,8	2,8	2,9	3,6	3,7	3,7	3,7	3,8
23,0	2,8	2,8	2,9	2,9	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8
23,5	2,9	2,9	2,9	3,0	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9
24,0	2,9	3,0	3,0	3,0	3,9	3,9	3,9	4,0	4,0
24,5	3,0	3,0	3,1	3,1	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1
25,0	3,1	3,1	3,1	3,2	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2

Пры тэмпературы вышэй нуля папраўка аднімаецца ад адліку, а пры тэмпературы ніжэй нуля – прыбаўляецца.

Дадатак 4

ПРЫВЯДЗЕННЕ ПАКАЗАННЯЎ БАРОМЕТРА ДА СТАНДАРТНАГА ПАСКАРЭННЯ СВАБОДНАГА ПАДЗЕННЯ (ПАПРАЎКА НА ШЫРАТУ)

Шырата		Паказанні барометра, гПа							
Адні-маць	Прыбаў-ляць	970	980	990	1000	1010	1013	1020	1030
10°	80°	2,36	2,38	2,41	2,43	2,46	2,47	2,48	2,51
12	78	2,30	2,32	2,34	2,37	2,39	2,40	2,42	2,44
14	76	2,22	2,24	2,26	2,29	2,31	2,32	2,33	2,36
16	74	2,13	2,15	2,17	2,20	2,22	2,23	2,24	2,26
18	72	2,03	2,05	2,07	2,10	2,12	2,12	2,14	2,16
20	70	1,92	1,94	1,96	1,98	2,00	2,01	2,02	2,04
22	68	1,81	1,82	1,84	1,86	1,88	1,89	1,90	1,92
24	66	1,68	1,70	1,72	1,73	1,75	1,76	1,77	1,79
26	64	1,55	1,56	1,58	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64
28	62	1,40	1,42	1,43	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49
30	60	1,26	1,27	1,28	1,30	1,31	1,31	1,32	1,33
32	58	1,10	1,11	1,12	1,14	1,15	1,15	1,16	1,17
34	56	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	1,00
36	54	0,78	0,78	0,79	0,80	0,81	0,81	0,82	0,82
38	52	0,61	0,61	0,62	0,63	0,64	0,64	0,64	0,65
40	50	0,44	0,44	0,45	0,45	0,46	0,46	0,46	0,46
42	48	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28
44	46	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
45	45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Дадатак 5

ПРЫВЯДЗЕННЕ ПАКАЗАННЯЎ БАРОМЕТРА ДА УЗРОЎНЮ МОРА (ПАПРАЎКА НА ВЫШЫНЮ НАД УЗРОЎНЕМ МОРА)

Вышыня, м	Паказанні барометра, гПа										
	820	840	860	880	900	920	940	960	980	1000	1020
100						0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
200					0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
300					0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
400			0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08
500			0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10
600		0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	
700		0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	
800		0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	
900		0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17			
1000	0.16	0,16	0,17	0,17	0.18	0,18	0,18	0.19			

ЗАПІС НАЗІРАННЯЎ ЗА СОНЕЧНАЙ РАДЫЯЦЫЯЙ

Дата 10/VII– 94 г. Воблачнасць, %		Температура паверхні глебы	Тэмпература паветра	Час, схіленне, вышыня сонца			
		28	19,5	τ_m	12,34	$h_{\odot}$	44,2
Колер неба і бачнасць	блакітнае 7	Вільготнасць	6,2	$\tau_{\odot}$	12,38	$sinh_{\odot}$	0,698
		t_r	22,4	$\delta_{\odot}$			
Стан дзеючай паверхні	сухая зялёная	Месца нуля прыбораў					
		Актынометра 5,0	Балансамера 5,0	Альбедаметра 5,0			

Час	Від радыяцыі	Стан дыску Сонца	Альбедаметр і балансамер: Хуткасць ветру	Альбедаметр і балансамер: Адлік гальванометра	$N_{сяр}$ ΔN N_0	$N_{нул}$ $V_{сяр}$ $\Phi_н$ $N_ш$	Актынометр: Адлік гальванометра	Актынометр: $N_{нул}$	Радыяцыя ў кал/см²·мін	
12,30	D_1	$\odot^2$		14,1	14,1	9,1	69,7	64,2	D_1	0
				14,1			69,7	0,0		0,16
				14,1	-5,0		-0,5-0,5	64,2		
	B	$\odot^2$	1	31,7	29,8	24,8	69,8	64,2		
	+		1	29,8		1	70,0	0,0		
			1	28,0	-5,0	1,02	-0,5-0,5	64,4		
						25,3				
	B-S'	$\odot$	1	13,1	13,2	-8,2	69,9	64,5	B-S'	-0,23
	–			13,8		1	70,0	0,0	S	1,21
			1	12,6	-5,0	1,02	-0,5-0,5	64,5	S'	0,84
						-8,4			B	0,61
	Q	$\odot^2$		56,7	56,7	51,7	70,1	64,6	B_2	-0,27
				56,7			70,1	0,0		
				56,7	-5,0		-0,5-0,5	64,6		
	R	$\odot^2$		11,6	11,6	6,6	69,9	64,5	R_K	0,12
				11,6			70,1	0,0	S	1,21
				11,6	-5,0		-0,5-0,5	64,5	S'	0,84
12,39	D_2	$\odot^2$		13,9	13,9		69,4	63,8	D_2	0,16
				13,9			69,2	0,0	Q	1,00
				13,9	-5,0		-0,5-0,5	63,8	A_K	0,12

Атмасферныя з'явы

Заўвагі

Подпіс назіральніка: Багданкевіч

Праверыў: Дзяркач

Дадатак 7

ТАБЛІЦА БЕМПАРАДА
(значэнне m пры розных вышынях Сонца h°) [10]

h°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	35,40	27,00	19,80	15,40	12,40	10,40	8,90	7,80	6,90	6,18
10	5,60	5,12	4,72	4,37	4,08	3,82	3,59	3,39	3,21	3,05
20	2,90	2,77	2,65	2,55	2,45	2,36	2,27	2,20	2,12	2,06
30	2,00	1,94	1,88	1,83	1,78	1,74	1,70	1,66	1,62	1,59
40	1,55	1,52	1,49	1,46	1,44	1,41	1,39	1,37	1,34	1,32
50	1,30	1,28	1,27	1,25	1,24	1,22	1,20	1,19	1,18	1,17
60	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,09	1,08	1,07
70	1,06	1,06	1,05	1,05	1,04	1,04	1,03	1,03	1,02	1,02
80	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
90	1,00									

Дадатак 8

СІНУСЫ ВУГЛОЎ

φ°	sinφ°	φ°	sinφ°	φ°	sinφ°
1	0,017	31	0,515	61	0,875
2	0,035	32	0,530	62	0,883
3	0,052	33	0,545	63	0,891
4	0,070	34	0,559	64	0,899
5	0,087	35	0,574	65	0,906
6	0,105	36	0,588	66	0,914
7	0,122	37	0,602	67	0,921
8	0,139	38	0,616	68	0,927
9	0,156	39	0,629	69	0,934
10	0,174	40	0,643	70	0,940
11	0,191	41	0,656	71	0,946
12	0,208	42	0,669	72	0,951
13	0,225	43	0,682	73	0,956
14	0,242	44	0,695	74	0,961
15	0,259	45	0,707	75	0,966
16	0,276	46	0,719	76	0,970
17	0,292	47	0,731	77	0,974
18	0,309	48	0,743	78	0,978
19	0,326	49	0,755	79	0,982
20	0,342	50	0,766	80	0,985
21	0,358	51	0,777	81	0,988
22	0,375	52	0,788	82	0,990
23	0,391	53	0,799	83	0,993
24	0,407	54	0,809	84	0,995
25	0,423	55	0,819	85	0,996
26	0,438	56	0,829	86	0,998
27	0,454	57	0,839	87	0,999
28	0,469	58	0,848	88	0,999
29	0,485	59	0,857	89	1,000
30	0,500	60	0,866	90	1,000

Дадатак 9

АЛЬБЕДА РОЗНЫХ ТЫПАЎ ДЗЕЙНАГА СЛОЯ

Паверхня	Альбеда, %	Паверхня	Альбеда, %
Тарфянік сухі	10	Лес хваёвы	15
Тарфянік вільготны	8	Лес яловы	9–12
Гліна сухая	23	Жыта і пшаніца	
Гліна вільготная	16	ў розных фазах	
Пясок жоўты	35	развіцця	10–25
Пясок белы	35–40	Снег сухі і чысты	85–90
Зялёная трава	26	Снег вільготны чысты	55–60
Сухая трава	19	Снег забруджаны	30–40
		Вада	5–10

Дадатак 10

ЗНАЧЭННІ АДНОСНАЙ ВЫПРАМЕНЬВАЛЬНАЙ ЗДОЛЬНАСЦІ РОЗНЫХ ТЫПАЎ ДЗЕЙНАГА СЛОЯ, δ [3]

Тып дзейнага слоя	δ	Тып дзейнага слоя	δ
Пясок сухі	0,949	Торф вільготны	0,983
Пясок вільготны	0,962	Трава густая	0,986
Глеба сухая	0,954	Трава рэдкая	0,975
Глеба вільготная	0,986	Снег чысты	0,986
Торф сухі	0,970	Вада	0,960

Дадатак 11

ЗНАЧЭННІ σT^4 (кВт/м²) ДЛЯ РОЗНЫХ ТЭМПЕРАТУР

($\sigma = 5{,}67032 \cdot 10^{-11}$ кВт/(м²·К⁴)) [3]

t°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
–60	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
–50	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12
–40	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14
–30	0,20	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17
–20	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,20	0,20
–10	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24
0	0,32	0,32	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,36
10	0,36	0,37	0,37	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40	0,41	0,41
20	0,42	0,42	0,43	0,43	0,44	0,45	0,45	0,46	0,47	0,47
30	0,48	0,48	0,49	0,50	0,50	0,51	0,52	0,52	0,53	0,54
40	0,55	0,55	0,56	0,57	0,57	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61
50	0,62	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,67	0,68	0,69
60	0,70	0,71	0,72	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78

Дадатак 12

СЯРЭДНЯЯ МЕСЯЧНАЯ ТЭМПЕРАТУРА ГЛЕБЫ, °С

Глыбіня, м	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Полацк													
Глеба суглiністая													
0,0	-8	-8	-4	4	14	19	21	18	12	5	0	-5	6
0,2	-0,2	-0,5	-0,4	2,9	10,5	15,1	17,2	16,3	12,2	7,7	3,0	0,4	7,0
0,4	0,5	0,1	0,2	2,5	9,3	13,7	16,0	15,7	12,4	8,3	4,0	1,4	7,0
0,8	2,0	1,4	1,1	2,3	7,5	11,7	14,1	15,5	12,5	9,2	5,8	3,2	7,1
1,6	3,7	2,9	2,4	2,6	5,6	9,1	11,5	12,6	12,1	10,0	7,6	5,2	7,1
3,2	6,3	5,3	4,6	4,2	4,8	6,3	8,2	9,7	10,3	9,8	8,8	7,4	7,2
Мінск													
Глеба супясчаная													
0,0	-7	-7	-3	6	15	20	22	19	20	6	0	-5	6
0,2	-0,8	-1,1	-0,1	5,3	13,4	18,5	20,3	18,9	13,8	7,6	2,7	0,2	8,2
0,4	-0,2	-0,6	0,2	4,7	12,6	17,3	19,5	18,4	14,0	8,1	3,5	0,8	8,2
0,6	1,2	0,5	0,7	4,0	10,9	15,4	17,8	17,4	14,1	9,1	4,9	2,1	8,2
0,8	3,2	2,5	2,2	3,5	8,3	12,0	14,5	15,2	13,7	10,4	7,2	4,6	8,1
3,2	6,4	5,5	4,8	4,6	5,9	8,0	10,0	11,4	11,8	11,0	9,5	7,8	8,1
Гродна													
Глеба супясчаная													
0,0	-5	-5	-1	7	16	21	22	20	14	7	2	-3	8
0,2	-0,4	-1,3	0,0	5,9	13,0	17,9	19,6	18,6	14,1	8,8	3,7	0,6	8,4
0,4	0,1	-1,0	0,2	5,2	12,2	16,8	18,8	18,0	14,5	9,5	4,4	1,4	8,3
0,8	1,3	0,3	0,6	4,2	10,4	14,8	17,3	17,3	14,6	10,2	5,9	2,7	8,3
1,6	3,7	2,6	2,2	3,7	8,1	11,8	14,4	15,3	14,3	11,4	8,2	5,3	8,4
3,2	6,8	5,7	4,9	4,7	6,1	8,2	10,3	11,7	12,3	11,5	10,0	8,3	8,4
Навагрудак													
Глеба супясчаная													
0,0	-7	-6	-3	5	14	18	20	18	12	6	0	-4	6
0,2	-0,1	-0,2	0,1	3,7	10,9	15,1	17,7	16,8	12,8	8,2	3,4	0,3	7,4
0,4	0,7	0,4	0,5	3,1	9,6	13,7	16,5	16,2	13,1	9,0	4,6	1,5	7,4
0,8	1,8	1,3	1,1	2,6	7,9	11,9	14,8	15,4	13,3	10,0	6,3	3,0	7,4
1,6	3,4	2,6	2,1	2,6	5,9	9,6	12,4	13,9	13,2	10,9	8,1	5,1	7,5
3,2	6,1	5,0	4,3	3,8	4,4	6,4	8,5	10,3	11,1	10,7	9,5	7,8	7,3

Глыбіня, м	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Горкі													
Глеба суглінiстая													
0,0	-8	-8	-4	4	14	19	21	18	12	5	-1	-6	6
0,2	-0,8	-1,1	-0,5	2,4	11,3	16,1	18,1	17,2	12,5	7,0	2,3	-0,3	7,0
0,4	-0,1	-0,5	-0,2	1,8	9,9	14,8	17,1	16,8	12,9	7,8	3,3	0,6	7,0
0,8	1,3	0,8	0,6	1,5	7,6	12,7	15,4	15,9	13,4	9,3	5,1	2,4	7,2
1,6	3,2	2,4	2,0	2,0	5,4	9,7	12,5	13,9	13,1	10,5	7,3	4,7	7,2
3,2	6,1	5,1	4,6	4,1	4,8	6,6	8,5	10,2	10,8	10,6	9,2	7,5	7,3
Брэст													
Глеба супясчаная													
0,0	-5	-4	1	8	17	21	22	20	14	8	2	-2	8
0,2	0,2	-0,3	1,2	6,9	13,2	18,2	19,9	18,9	14,4	9,4	4,1	1,0	8,9
0,4	1,0	0,4	1,3	6,3	12,2	16,9	19,0	18,5	14,8	9,9	5,2	2,0	9,0
0,8	2,2	1,5	1,9	5,6	10,9	14,9	17,2	17,4	14,9	10,6	6,9	3,6	9,0
1,6	4,4	3,4	3,1	4,9	8,6	11,9	14,4	15,3	14,3	11,7	8,9	6,0	8,9
3,2	7,1	6,0	5,2	5,2	6,6	8,6	10,7	12,1	12,6	11,9	10,5	8,7	8,8
Гомель													
Глеба супясчаная													
0,0	-7	-6	-2	7	16	20	22	19	13	6	1	-5	7
0,2	-0,2	-1,5	-0,5	5,5	12,8	17,7	20,0	19,2	14,4	8,3	8,2	0,0	8,3
0,4	0,3	-0,8	0,0	4,8	11,8	16,5	18,8	18,5	14,1	8,8	4,1	0,8	8,1
0,8	1,6	0,6	0,7	3,9	10,0	14,4	16,7	17,1	14,3	10,0	5,2	2,6	8,1
1,6	3,6	2,6	2,1	3,2	7,5	11,2	13,8	15,1	14,0	11,2	8,2	5,1	8,1
3,2	6,3	5,2	4,3	4,0	5,4	7,8	10,1	12,0	12,6	11,8	10,1	8,1	8,1
Васілевічы													
Глеба супясчаная													
0,0	-7	-6	-2	8	17	22	23	20	14	6	1	-4	8
0,2	-0,7	-1,2	0,1	6,4	13,5	18,1	19,7	18,4	13,5	7,7	2,8	0,2	8,2
0,4	-0,1	-0,8	0,2	5,4	12,2	16,5	18,2	17,5	13,4	8,2	3,6	0,9	7,9
0,8	1,6	0,9	1,1	4,8	10,7	14,6	16,6	16,7	14,0	9,8	5,6	2,9	8,3
1,6	3,9	3,0	2,6	4,2	8,0	11,2	13,3	14,2	13,3	10,8	7,8	5,3	8,1
3,2	6,8	5,8	5,0	4,8	6,0	7,9	9,8	11,2	11,8	11,2	9,8	8,2	8,2

ТЭМПЕРАТУРА ГЛЕБЫ (°С) НА РОЗНЫХ ГЛЫБІНЯХ У АСОБНЫЯ ТЭРМІНЫ НАЗІРАННЯЎ

Варыянт, дата	Тэрмін, гадз	Глыбіня, см				
		0	5	10	15	20
1	1	25,0	30,4	31,4	31,6	31,5
2.VII	7	30,1	27,5	28,6	29,4	29,8
	10	44,2	30,5	29,4	29,3	29,6
	13	54,9	37,3	33,7	31,4	30,5
	16	51,3	40,4	36,4	33,4	32,3
	19	34,0	37,8	36,2	34,4	33,3
2	1	24,2	30,2	31,6	32,0	32,0
3.VII	7	28,6	28,2	29,4	29,9	30,3
	10	48,0	32,9	30,8	29,9	30,2
	13	51,5	36,8	33,4	31,6	30,9
	16	36,4	36,4	34,8	32,9	32,1
	19	30,8	33,5	33,3	32,6	32,2
3	1	25,0	29,5	30,9	31,0	31,3
4.VII	7	30,0	27,4	28,6	29,3	29,5
	10	47,3	32,1	30,0	29,4	29,4
	13	54,8	37,4	33,6	31,2	30,4
	16	50,0	39,8	35,9	33,4	32,3
	19	33,4	37,1	35,7	33,9	33,0
4	1	23,8	29,4	31,4	31,8	31,9
5.VII	7	29,3	27,4	28,9	29,5	29,9
	10	47,7	32,3	30,3	29,7	29,8
	13	59,0	38,6	33,9	31,6	30,8
	16	50,4	40,4	36,5	33,7	32,4
	19	33,5	37,3	36,0	34,4	33,4
5	1	23,7	30,6	32,0	32,4	32,3
6.VII	7	25,5	27,4	28,9	29,8	30,3
	10	45,3	31,7	30,1	29,7	30,0
	13	54,0	37,4	33,4	31,4	30,8
	16	48,8	39,7	35,9	33,4	32,3
	19	33,1	37,3	35,9	34,3	33,3

Варыянт, дата	Тэрмін, гадз	Глыбіня, см				
		0	5	10	15	20
6	1	23,0	30,0	31,5	32,0	32,0
7.VII	7	28,8	27,2	28,9	29,7	30,3
	10	45,1	31,9	30,1	29,9	29,8
	13	54,8	37,3	32,9	31,4	30,8
	16	48,2	39,6	35,9	33,5	32,3
	19	31,9	36,5	35,5	34,0	33,0
7	1	23,7	30,4	31,9	32,1	32,3
8.VII	7	31,0	27,6	28,9	29,7	30,1
	10	44,5	31,9	30,2	30,6	29,9
	13	54,6	37,3	33,6	31,5	30,8
	16	49,2	39,5	35,9	33,4	32,3
	19	34,2	36,8	35,9	34,0	33,2
8	1	24,2	29,6	31,6	31,9	32,0
9.VII	7	28,0	27,5	28,9	28,9	30,3
	10	39,8	31,4	30,0	29,9	29,9
	13	54,9	36,5	32,9	31,3	30,8
	16	46,5	39,1	35,5	33,2	31,9
	19	33,5	36,2	35,2	33,6	32,9
9	1	25,4	30,0	31,5	31,9	31,9
10.VII	7	31,4	28,3	29,3	29,8	30,2
	10	42,5	32,8	30,9	30,3	30,3
	13	58,4	38,7	34,2	31,9	31,2
	16	51,2	40,8	36,8	33,9	32,8
	19	35,8	38,1	36,5	34,6	33,6
10	1	26,9	31,2	32,4	32,6	32,6
11.VII	7	30,6	28,9	29,9	30,6	30,9
	10	47,4	33,4	31,4	30,8	30,8
	13	57,0	38,8	34,8	32,4	31,8
	16	49,6	40,8	37,2	34,5	33,3
	19	34,2	37,3	36,6	34,9	33,9

Дадатак 14

СЯРЭДНЯЯ ТЭМПЕРАТУРА ПАВЕТРА, (°С) [8]

Тэмпература	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XI	Год
Віцебск													
Сярэдняя	-8,1	-7,6	-2,9	5,0	12,7	15,9	17,8	16,4	11,1	5,4	0,0	-5,0	5,0
Сярэдняя мін.	-11,2	-11,0	-6,6	0,9	7,2	10,7	12,7	11,5	7,0	2,5	-2,2	-7,6	1,2
Абсалютная мін.	-41	-38	-30	-18	-4	-2	4	0	-5	-15	-23	-35	-41
Сярэдняя макс.	-5,2	-4,3	0,8	9,6	18,7	21,4	22,9	21,6	16,1	8,9	2,5	-2,5	9,1
Абсалютная макс.	5	6	17	28	31	32	35	34	29	29	15	9	35
Ліда													
Сярэдняя	-6,2	-5,8	-1,7	5,8	12,4	15,8	17,3	16,3	11,9	6,3	1,6	-3,2	5,9
Сярэдняя мін.	-9,5	-8,6	-5,2	1,7	6,7	10,6	12,3	11,4	7,5	3,0	-0,9	-5,4	2,0
Абсалютная мін.	-35	-33	-32	-16	-4	0	4	0	-5	-15	-19	-28	-35
Сярэдняя макс.	-3,5	-2,1	2,5	11,2	17,0	21,8	22,8	22,1	17,3	10,2	3,7	-0,7	10,3
Абсалютная макс.	8	9	19	28	32	33	35	34	29	25	15	12	35
Пінск													
Сярэдняя	-5,6	-4,4	-0,4	7,0	13,6	16,8	18,3	17,1	12,8	6,9	1,4	-2,8	6,7
Сярэдняя мін.	-8,7	-7,6	-3,7	3,2	8,5	11,5	12,9	11,8	7,9	3,0	-1,1	-5,2	2,7
Абсалютная мін.	-35	-31	-26	-15	-3	1	5	-1	-4	-12	-23	-27	-35
Сярэдняя макс.	-3,0	-2,0	3,0	11,8	18,8	22,3	23,8	22,8	18,3	11,3	4,5	-0,3	10,9
Абсалютная макс.	10	13	22	29	33	36	36	36	31	27	17	13	36

СЯРЭДНЯЯ МЕСЯЧНАЯ ТЭМПЕРАТУРА ПАВЕТРА, (°C) НА РОЗНЫХ ШЫРОТАХ

Станцыя, шырата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Мірны, 66°30' Пд.ш.	-0,6	-4,2	-9,3	-11,4	-14,2	-15,6	-16,8	-17,6	-14,9	-12,3	-6,7	-1,3	-10,0
Кейптаўн, 34°19' Пд.ш.	21,4	21,9	20,8	18,2	15,1	12,9	12,6	13,8	14,9	15,7	17,8	20,0	17,1
Рыо-дэ-Жанэйра, 22°54' Пд.ш.	25,9	26,1	25,4	24,0	22,2	20,9	20,4	20,9	21,3	22,1	23,3	24,8	23,8
Манаус, 3°08' Пд.ш.	26,6	26,7	26,5	26,6	26,7	26,7	27,0	27,6	28,2	28,2	27,9	27,0	27,2
Хартум, 15°36' Пн.ш.	22,0	24,0	27,0	30,5	33,5	33,0	31,6	31,7	31,5	31,1	28,2	24,2	29,1
Вашынгтон, 38°54' Пн.ш.	0,7	1,7	5,7	11,9	17,5	22,2	24,6	29,7	18,9	13,9	7,3	2,4	12,6
Сан-Францыска, 37°48' Пн.ш.	9,7	10,8	11,8	12,2	13,3	14,1	14,0	14,4	15,3	15,1	13,0	10,5	12,8
Чыта, 52°15' Пн.ш.	-268,	-21,8	-11,7	0,0	7,8	15,9	18,5	8,4	-1,4	-14,3	-24,1	-15,2	-2,9
Парыж, 48°49' Пн.ш.	2,2	3,8	5,9	9,6	13,2	16,5	18,2	17,6	14,7	9,7	6,1	3,1	10,0
Рэйк'явік, 64°09' Пн.ш.	-1,2	-1,2	20,5	2,4	6,0	9,2	10,9	10,3	7,5	4,0	1,0	-1,1	3,9
В.Врангеля, 71°45' Пн.ш.	-23,8	-24,9	-23,2	-16,6	-7,6	0,3	2,4	1,9	-1,2	-6,9	-14,6	-21,7	-11,2

МАКСІМАЛЬНАЯ ПРУГКАСЦЬ ВАДЗЯНОЙ ПАРЫ ПРЫ ТЭМПЕРАТУРЫ ВЫШЭЙ 0°С, гПа

°С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	6,11	6,15	6,20	6,24	6,29	6,33	6,38	6,42	6,47	6,52
1	6,56	6,51	6,66	6,71	6,76	6,80	6,86	6,90	6,95	7,00
2	7,05	7,10	7,16	7,21	7,26	7,31	7,36	7,42	7,47	7,52
3	7,58	7,53	7,68	7,74	7,79	7,85	7,90	7,96	8,02	8,07
4	8,13	8,19	8,24	8,30	8,36	8,42	8,48	8,54	8,60	8,66
5	8,72	8,78	8,84	8,91	8,97	9,03	9,09	9,16	9,22	9,28
6	9,35	9,41	9,48	9,54	9,61	9,68	9,74	9,81	9,88	9,95
7	10,02	10,08	10,15	10,22	10,29	10,36	10,44	10,51	10,58	10,65
8	10,72	10,80	10,87	10,95	11,02	11,10	11,17	11,25	11,32	11,40
9	11,48	11,56	11,63	11,71	11,79	11,87	11,95	12,03	12,11	12,20
10	12,28	12,36	12,44	12,53	12,61	12,70	12,78	12,87	12,95	13,04
11	13,13	13,21	13,30	13,39	13,48	13,57	13,66	13,75	13,84	13,93
12	14,03	14,12	14,21	14,31	14,40	14,50	14,59	14,69	14,78	14,88
13	14,98	15,08	15,18	15,28	15,38	15,48	15,58	15,68	15,78	15,88
14	15,99	16,09	16,20	16,30	16,41	16,51	16,62	16,73	16,84	16,95
15	17,06	17,17	17,28	17,39	17,50	17,61	17,73	17,84	17,96	18,07
16	18,19	18,30	18,42	18,54	18,66	18,78	18,90	19,02	19,14	19,26
17	19,38	19,51	19,63	19,76	19,88	20,01	20,13	20,26	20,39	20,52
18	20,65	20,78	20,91	21,04	21,17	21,30	21,44	21,58	21,71	21,85
19	21,98	22,12	22,26	22,40	22,54	22,68	22,82	22,96	23,10	23,25
20	23,39	23,54	23,68	23,83	23,98	24,13	24,28	24,43	24,58	24,75
21	24,88	25,04	25,19	25,35	25,50	25,66	25,82	25,98	26,13	26,29
22	26,46	26,62	26,78	26,94	27,11	27,27	27,44	27,61	27,77	27,94
23	28,11	28,28	28,46	28,63	28,80	28,98	29,13	29,33	29,50	29,68
24	29,86	30,04	30,22	30,40	30,59	30,77	30,96	31,14	31,33	31,51
25	31,70	31,89	32,08	32,27	32,47	32,66	32,86	33,05	33,25	33,44
26	33,64	33,84	34,04	34,24	34,45	34,65	34,86	35,06	35,27	35,48
27	35,68	35,90	36,11	36,32	36,53	36,75	36,96	37,18	37,40	37,62
28	37,84	38,06	38,28	38,50	38,73	38,95	39,18	39,41	39,64	39,87
29	40,10	40,33	40,56	40,80	41,03	41,27	41,51	41,75	41,99	42,23
30	42,48	42,72	42,97	43,21	43,46	43,71	43,96	44,21	44,46	44,72

Дадатак 17

МАКСІМАЛЬНАЯ ПРУГКАСЦЬ ВАДЗЯНОЙ ПАРЫ ПРЫ ТЭМПЕРАТУРЫ НІЖЭЙ 0°С НАД ЛЁДАМ, гПа

°С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-25	0,64	0,63	0,63	0,62	0,62	0,61	0,60	0,60	0,59	0,59
-24	0,71	0,70	0,69	0,69	0,68	0,67	0,67	0,66	0,65	0,65
-23	0,78	0,77	0,77	0,76	0,75	0,74	0,74	0,73	0,72	0,71
-22	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,82	0,81	0,80	0,80	0,79
-21	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87
-20	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96
-19	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06
-18	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,16
-17	1,39	1,38	1,36	1,35	1,34	1,33	1,31	1,30	1,29	1,28
-16	1,52	1,51	1,50	1,48	1,47	1,46	1,44	1,43	1,41	1,40
-15	1,67	1,66	1,64	1,63	1,61	1,60	1,58	1,57	1,55	1,54
-14	1,83	1,81	1,80	1,78	1,77	1,75	1,73	1,72	1,70	1,69
-13	2,00	1,99	1,97	1,95	1,93	1,92	1,90	1,88	1,86	1,85
-12	2,19	2,17	2,15	2,14	2,12	2,10	2,08	2,06	2,04	2,02
-11	2,40	2,38	2,36	2,34	2,32	2,29	2,27	2,25	2,23	2,21
-10	2,62	2,60	2,57	2,55	2,53	2,51	2,49	2,46	2,44	2,42
-9	2,86	2,84	2,81	2,79	2,76	2,74	2,71	2,69	2,67	2,64
-8	3,12	3,09	3,07	3,04	3,02	2,99	2,96	2,94	2,91	2,88
-7	3,40	3,37	3,34	3,32	3,29	3,26	3,23	3,20	3,18	3,15
-6	3,70	3,67	3,64	3,61	3,58	3,55	3,52	3,49	3,46	3,43
-5	4,03	4,00	3,97	3,93	3,90	3,87	3,84	3,80	3,77	3,74
-4	4,39	4,35	4,31	4,28	4,24	4,21	4,17	4,14	4,10	4,07
-3	4,77	4,73	4,69	4,65	4,62	4,58	4,54	4,50	4,46	4,43
-2	5,18	5,14	5,10	5,06	5,02	4,98	4,93	4,89	4,85	4,81
-1	5,63	5,58	5,54	5,49	5,45	5,40	5,36	5,32	5,27	5,23
0	6,11	6,06	6,01	5,96	5,91	5,86	5,82	5,77	5,72	5,67

Дадатак 18

ТЭМПЕРАТУРА ПАВЕТРА t(°C), ПАРЦЫЯЛЬНЫ ЦІСК ВАДЗЯНОЙ ПАРЫ e(гПа), АДНОСНАЯ ВІЛЬГОТНАСЦЬ f(%), ДЭФІЦЫТ ВІЛЬГОТНСЦІ d(гПа)

Метэаэлемент	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Верхнядзвінск													
t	-7,8	-6,6	-2,8	5,0	11,6	15,8	17,2	16,0	11,2	5,6	0,4	-4,6	5,1
e	3,4	3,5	4,2	6,6	9,6	12,7	14,6	14,2	10,9	7,9	5,9	4,4	8,2
f	85	84	81	75	69	70	75	78	82	85	89	88	80
d	0,5	0,6	1,1	2,6	5,1	6,4	5,8	4,9	2,9	1,4	0,7	0,5	2,7
Гродна													
t	-5,0	-4,7	-0,9	6,2	12,6	16,1	17,7	16,6	12,3	6,9	2,1	-2,6	6,4
e	4,0	4,1	4,8	7,1	9,8	12,8	14,4	14,1	11,4	8,6	6,5	5,0	8,6
f	88	86	80	74	69	70	73	76	80	85	89	90	80
d	0,5	0,6	1,3	3,1	5,5	6,8	6,5	5,5	3,8	1,7	0,8	0,5	3,1
Гомель													
t	-7,4	-6,6	-1,8	6,6	13,8	17,2	18,7	17,7	12,6	6,5	1,0	-4,1	6,2
e	3,4	3,6	4,6	7,3	10,3	13,4	15,2	14,6	11,1	7,9	6,0	4,4	8,5
f	85	83	80	72	66	68	71	74	77	80	87	87	78
d	0,5	0,7	1,2	3,7	6,3	7,4	7,4	6,4	4,1	2,0	0,9	0,6	3,4

Дадатак 19

СУММА АПАДКАЎ ПА МЕСЯЦАХ, мм [8]

Метэастанцыя	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Віцебск	36	32	15	41	57	74	97	77	63	53	53	41	659
Мінск	42	40	40	48	61	81	90	83	59	50	53	49	696
Ліда	36	33	36	47	63	77	78	76	59	51	53	45	654
Гродна	33	33	32	40	51	78	75	77	50	45	47	41	602
Горкі	39	35	37	43	55	75	91	79	56	53	47	42	652
Магілёў	43	37	38	47	61	81	86	77	55	55	51	48	679
Брэст	33	35	31	42	55	78	82	76	51	46	44	39	612
Гомель	35	32	33	42	53	76	79	68	51	46	48	44	610

ПАЎТАРАЛЬНАСЦЬ (%) НАПРАМКУ ВЕТРУ І ШТЫЛЯЎ У СТУДЗЕНІ (І) І ЛІПЕНІ (VIII) [8]

Месяц	Пн	ПнУ	У	ПдУ	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штыль
Верхнядзвінск									
I	9	8	10	19	16	18	13	7	5
VIII	12	10	8	9	9	15	22	15	12
Віцебск									
I	7	8	7	20	21	16	12	9	6
VIII	12	11	9	11	12	13	17	15	10
Мінск									
I	7	9	9	15	18	16	14	12	4
VIII	12	10	7	7	11	12	21	20	8
Ліда									
I	6	7	15	16	16	16	14	10	3
VIII	12	8	10	8	11	13	19	19	7
Гродна									
I	5	5	13	23	14	15	16	9	13
VIII	11	6	7	8	9	17	27	15	18
Горкі									
I	9	8	11	14	19	16	12	11	2
VIII	12	11	10	8	10	13	18	18	4
Магілёў									
I	8	10	10	16	18	15	13	10	6
VIII	15	11	9	8	10	11	18	18	12
Пінск									
I	8	6	12	16	14	16	17	11	5
VIII	11	8	9	7	9	14	21	21	9
Брэст									
I	5	8	13	13	14	20	18	9	5
VIII	11	7	9	7	10	15	23	18	8
Гомель									
I	8	10	10	15	17	17	12	11	7
VIII	14	11	8	6	10	12	19		

ЛІТАРАТУРА

1. Бройдо А.Г. Задачник по общей метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1970.
2. Волошина А.П., Евневич Т.В., Земцова А.И. Руководство к лабораторным занятиям по метеорологии и климатологии. М.: Изд-во Московского университета, 1975.
3. Задачник по общей метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1984.
4. Климатология. Л.: Гидрометеоиздат, 1989.
5. Каўрыга П.А. Характарыстыка клімату Беларусі, Мн.: Белдзяржуніверсітэт, 1996.
6. Каўрыга П.А. Вучэбная практыка па метэаралогіі і кліматалогіі. Мн.: Белдзяржуніверсітэт, 1995.
7. Ковриго П.А. Руководство к лабораторным занятиям по метеорологии и климатологии. Мн.: Ротапринт БГУ, 1986.
8. Ковшер С.С., Богослова А.М. Практические и лабораторные занятия по метеорологии и климатологии. Мн.: Университетское, 1973.
9. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 3, ч. 1. Л.: Гидрометеоиздат, 1985.
10. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Белорусская ССР. Сер. 3, ч. 1-6, вып. 7. Л.: Гидрометеоиздат, 1987.
11. Облака и облачная атмосфера. Справочник. Л.: Гидрометеоиздат, 1989.
12. Руководство гидрометеорологическим станциям по актинометрическим наблюдениям. Л.: Гидрометеоиздат, 1973.
13. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. Л.: Гидрометеоиздат, 1978.
14. Хромов С.П. Метеорология и климатология для географических факультетов. Л.: Гидрометеоиздат, 1983.
15. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеоиздат, 1974.
16. Шкляр А.Х. Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве. Мн.: Вышэйшая школа, 1973.

ЗМЕСТ

Вучэбнае выданне

КАЎРЫГА Павел Антонавіч

ЛАБАРАТОРНЫ ПРАКТЫКУМ ПА МЕТЭАРАЛОГІІ І КЛІМАТАЛОГІІ

Загадчыца рэдакцыі *Б.Б.Пятчанка*.Рэдактар *А.М.Пенцюгова.*
Мастацкі рэдактар *Л.М.Рудакоўская*.Тэхнічны рэдактар *В.А.Віценка.*
Карэктар *В.А.Вішнеўская.* Камп`ютэрны набор і вёрстка *Л.А.Залужная.*

Здадзена ў набор 05.11.97. Падпісана да друку 29.12.97. Фармат 84x108 1/32. Папера афсетная.
Гарнітура «Пецярбург». Афсетны друк. Ум. друк. арк. 7,98. Ум.фарб.-адб. 8,19. Ул.-выд. арк. 8,23.
Тыраж 2000 экз. Заказ № 95.

Дзяржаўнае прадпрыемства «"Выдавецтва "Ураджай"» Дзяржаўнага камітэта Рэспублікі Беларусь па друку.
ЛВ N 8 ад 02.12.97. 220600. Мінск, пр. Машэрава, 11.

Друкарня ПВ ТАА «ПолиБиг». 220004 вул. Караля, 16. ЛП №66 ад 24.11.1997г.